



UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE
Curso de Engenharia Ambiental

GIOVANI SPILERE MANGILI

**ANÁLISE DOS INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL NA
OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE IÇARA –SC**

CRICIÚMA, 2006



UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE
Curso de Engenharia Ambiental

GIOVANI SPILERE MANGILI

**ANÁLISE DOS INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL NA
OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE IÇARA –SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental
como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. M. Sc. Mario Ricardo Guadagnin
Co-orientador: Prof. M. Sc. Rafael Mello Lattuada

CRICIÚMA, 2006



UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE
Departamento de Engenharia Ambiental

GIOVANI SPILERE MANGILI

**ANÁLISE DOS INDICADORES DE QUALIDADE AMBIENTAL NA
OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO DE IÇARA –SC**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado à obtenção do grau de Engenheiro Ambiental e aprovado em sua forma final pelo Curso Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense.

Criciúma – SC, 06 de junho de 2006.

Prof. M. Sc. Mario Ricardo Guadagnin
UNESC

Prof. M. Sc. Rafael Mello Lattuada
UNESC

Eng^a. Ionice Vefago
SANTEC

DEDICATÓRIAS

Dedico este trabalho primeiramente Deus; aos meus pais, Agenor e Cleusa; a minha irmã Paula e a minha namorada Marines.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente Deus por me dar oportunidade de realizar mais uma etapa da minha vida; aos meus pais Agenor e Cleusa, a minha irmã Paula e a minha namorada Marines por ter me dado forças e acreditado em mim; a todos os professores da graduação, especialmente aos professores Mario Ricardo Guadagnin e Rafael Mello Lattuada, pela ajuda e incentivo na orientação desse trabalho; ao pessoal da SANTEC; e a todos que contribuíram para a realização desse trabalho.

EPÍGRAFE

Os poderosos podem matar uma, duas ou até três rosas, mas jamais poderão deter a primavera.

Che Guevara

RESUMO

A disposição inadequada de resíduos sólidos no ambiente causa muitos impactos ambientais. O líquido percolado do aterro, chorume, é o aspecto mais importante no gerenciamento de resíduos sólidos. O aterro sanitário é uma técnica de disposição de resíduos mais segura, que visa controlar os impactos ambientais, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida. Esse trabalho teve como objetivo avaliar os indicadores de qualidade ambiental no gerenciamento de disposição final de resíduos no aterro sanitário da SANTEC do município de Içara – SC. Na sua metodologia foram realizadas análises de ecotoxicidade do efluente gerado pelas células de disposição de resíduos domiciliares e industriais classe II utilizando como bioindicador o microcrustáceo *Daphnia magna*. O chorume apresentou um alto índice de toxicidade mostrando os riscos que o chorume pode causar ao meio ambiente. Para avaliar os indicadores ambientais do aterro sanitário foi aplicado o Índice de Qualidade de Aterros (IQR), que foi utilizado pela CETESB em seu inventário de resíduos sólidos do estado de São Paulo. O aterro sanitário em questão alcançou nota 9,0, um alto índice de qualidade apresentando condições adequadas para a disposição final de resíduos sólidos.

Palavras-chave: aterro sanitário, indicador ambiental, chorume, toxicidade.

ABSTRACT

The inadequate disposition of solid residues in the environment cause many environmental impacts. The drained liquid of the embankment, chorume, is the most important aspect in the administration of solid residues. The sanitary embankment is a technique of safer disposition of residues that it seeks to control the environmental impacts, contributing to the improvement of the life quality. That work had as objective evaluates the indicators of environmental quality in the administration of final disposition of residues in the sanitary embankment of SANTEC of the municipal district of it had Içara - SC. In her methodology analyses of ecotoxicidade of the liquid were accomplished generated by the cells of disposition of home residues and industrial class II using as bioindicador the microcrustáceo *Daphnia magna*. The chorume presented a high toxicity index showing the risks that the chorume can cause to the environment. To evaluate the environmental indicators of the sanitary embankment the Index of Quality of Embankments it was applied (IQR), that it was used by CETESB in his/her inventory of solid residues of the state of São Paulo. The sanitary embankment in subject reached note 9,0, a high quality index presenting appropriate conditions for the final disposition of solid residues.

Keywords: sanitary landfill site, environmental indicator, chorume, toxicity.

SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS.....	11
LISTA DE TABELAS.....	13
LISTA DE FIGURAS.....	15
LISTA DE QUADROS	16
1. INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVOS	21
2.1 OBJETIVO GERAL	21
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
3. JUSTIFICATIVA	22
4. REFERENCIAL TEÓRICO	23
4.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ENTRE OS MUNICÍPIOS DA AMREC.....	23
4.2 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	27
4.2.1 DEFINIÇÃO.....	27
4.2.2 CLASSIFICAÇÃO.....	29
4.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL – RESÍDUOS SÓLIDOS.....	31
4.3.1 LEGISLAÇÃO NACIONAL.	31
4.3.2 LEGISLAÇÃO ESTADUAL.....	33
4.3.3 LEGISLAÇÃO MUNICIPAL.	34
4.3.4 NORMAS TÉCNICAS.....	36
4.4 DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM ATERRO SANITÁRIO...40	
4.4.1 LIXÃO.....	40
4.4.2 ATERRO CONTROLADO	41
4.4.3 ATERRO SANITÁRIO.	41
4.5 MÉTODOS DE EXECUÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO.....	43
4.5.1 MÉTODO DA TRINCHEIRA.....	43
4.5.2 MÉTODO DA ÁREA	44
4.5.3 MÉTODO DA RAMPA	46
4.6 SELEÇÃO DE ÁREAS PARA INSTALAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS...47	
4.7 CRITÉRIOS DE OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO.....	49
4.7.1 COMPACTAÇÃO	49
4.7.2 COBERTURA.....	51
4.7.3 CONTROLE TÉCNICO E DE OPERAÇÃO EM ATERROS	52
4.8 MONITORAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO.	53
4.9 LÍQUIDOS PERCOLADOS GERADOS NO ATERRO SANITÁRIO.....	54
4.9.1 FORMAÇÃO.....	54
4.9.2 CARACTERÍSTICAS DO CHORUME.....	54
4.10 ECOTOXICIDADE – UMA FERRAMENTA DE ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL DE UM ATERRO SANITÁRIO.....	57
4.10.1 TOXIDADE AGUDA.	58
4.11 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO SANITÁRIO (CETESB).	59
5. METODOLOGIA.....	61
5.1 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS – IQR.	61
5.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E DE ECOTOXICIDADE DO EFLUENTE LÍQUIDO BRUTO DO ATERRO SANITÁRIO.....	63
5.2.2 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO – DBO.....	63

5.2.2.1 Oxigênio Dissolvido para determinação de DBO.....	64
5.2.3 TESTES TOXICOLÓGICOS	64
5.2.4 AMOSTRAGEM.....	65
5.2.4.1 Testes de Sensibilidade.....	65
5.2.4.2 Teste Agudo.....	66
5.2.5 METAIS PESADOS.....	66
6. ESTUDO DE CASO E DESCRIÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DA SANTEC NO MUNICÍPIO DE IÇARA - SC.....	67
6.1 LOCALIZAÇÃO.....	68
6.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	69
6.3 CÉLULAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	72
6.4 DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO ATERRO SANITÁRIO DA SANTEC.	73
6.5 SISTEMAS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO.....	77
6.5.1 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO.....	77
6.5.2 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE DRENAGEM SUPERFICIAIS.....	79
6.5.3 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE DRENAGEM DE LÍQUIDOS PERCOLADOS NO ATERRO.	82
6.5.4 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE GASES.....	84
6.6 OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO.	86
6.6.1 RECEBIMENTO DOS RESÍDUOS NO ATERRO SANITÁRIO.	86
6.6.2 ANÁLISES DOS RESÍDUOS DEPOSITADOS NO ATERRO.	87
6.6.3 PESAGEM DOS RESÍDUOS.	89
6.6.4 DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS NO ATERRO SANITÁRIO.	89
6.6.5 COMPACTAÇÃO DO LIXO.....	89
6.6.6 RECOBRIMENTO DO LIXO.....	90
6.6.7 INSTALAÇÃO DOS TUBOS DE CAPTAÇÃO DE GASES.....	90
6.8 MONITORAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO.	95
6.8.1 MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	96
6.8.2 MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS.....	96
6.8.3 MONITORAMENTO DO MACIÇO DO ATERRO.	98
6.8.4 MONITORAMENTO DA AVIFAUNA.	98
6.8.5 MONITORAMENTO DO RUÍDO.	99
7. ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS.....	100
7.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E DE ECOTOXIDADE DO EFLUENTE LÍQUIDO BRUTO DO ATERRO SANITÁRIO.	100
7.1.1 DBO e pH.....	100
7.1.2 ANÁLISE DE TOXIDADE AGUDA	103
7.1.3 METAIS PESADOS.....	101
7.2 ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERROS DE RESÍDUOS	112
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	118
Referencial Bibliográfico.....	120
ANEXOS.....	121

LISTAS DE SIGLAS

AMESC – Associação dos Municípios do Extremo Sul Catarinense

AMREC – Associação dos Municípios da Região Carbonífera

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CE(50) – Concentração Efetiva Mediana

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CNEN - Comissão Nacional de Energia Nuclear

DBO₅ – Demanda Bioquímica de Oxigênio

EIA – Estudo de Impacto Ambiental

EPA - United States Environmental Protection Agency

ETE - Estação de Tratamento de Efluentes

FATMA - Fundação de Meio Ambiente do estado de Santa Catarina

FD – Fator de Diluição

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IP - Índice de Plasticidade

IPAT – Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

IQR - índice de qualidade de aterro de resíduos

K - Coeficiente de Permeabilidade

LAI – Licença de Operação

MC - Manifesto de Carga

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

pH – Potencial Hidrogeniônico

PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

RSI - Resíduos Sólidos Industriais

RSU - Resíduos Sólidos Urbanos

SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 – Resíduos Sólidos – Situação em 2000:.....	25
Tabela 2 – Resíduos Sólidos (lixo) AMREC – 2004:.....	26
Tabela 3 – Faixas de concentração de alguns metais no chorume:.....	57
Tabela 4 – Enquadramento das instalações de tratamento e/ou destinação final de resíduos sólidos em função do IQR:	63
Tabela 5 – Característica do solo do aterro sanitário do município de Içara – SC: ...	71
Tabela 6 – Massa de resíduos recebidos pela SANTEC (Set 2005 – Mar 2006):.....	73
Tabela 7 – Lista dos municípios que depositam seu lixo no aterro sanitário.....	75
Tabela 8 – Valores de pH e DBO dos efluentes das células domiciliares e industriais, do dreno para amostragem de água subterrânea abaixo dos tanques de recepção e armazenamento:.....	98
Tabela 9 – Resultado das análises da concentração de metais pesados no chorume do aterro sanitário 1:	100
Tabela 10 – Resultado do teste agudo com a água subterrânea abaixo dos tanques da célula de disposição de resíduos domiciliares, utilizando a <i>Daphnia magna</i> como indicador:.....	101
Tabela 11 – Resultado do teste agudo com o chorume do tanque de recepção da célula de disposição de resíduos domiciliares:.....	102
Tabela 12 – Resultado do teste agudo com o chorume do tanque de armazenamento da célula de disposição de resíduos domiciliares:.....	103
Tabela 13 – Resultado do teste agudo com a água subterrânea abaixo dos tanques disposição de resíduos industriais:.....	103
Tabela 14 – Resultado do teste agudo com o chorume do tanque de recepção da célula de disposição de resíduos industrial:	104
Tabela 15 – Resultado do teste agudo com o chorume do tanque de armazenamento da célula de disposição de resíduos industrial:	105
Tabela 16 – – Valores típicos de toxicidade (CE50) dos metais ao bioindicador <i>Daphnia magna</i> :	105

Tabela 17 – Concentração de metais em relação aos fatores de diluição do chorume amostrado no tanque de recepção domiciliar:.....	106
Tabela 18 – Concentração de metais em relação aos fatores de diluição do chorume amostrado no tanque de armazenamento domiciliar:.....	107
Tabela 19 – Concentração de metais em relação aos fatores de diluição do chorume amostrado no tanque de recepção industrial:.....	108
Tabela 20 – Concentração de metais em relação aos fatores de diluição do chorume amostrado no tanque de armazenamento industrial:	109

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1 – Vista esquemática da estrutura de células com o posicionamento dos drenos de saída de gases:	44
Figura 2 – Esquema de acondicionamento de resíduos sólidos urbanos em células com a técnica de trincheiras:.....	45
Figura 3 – Esquema de acondicionamento em células com a técnica de áreas:	46
Figura 4 – Esquema de acondicionamento em células com a técnica de rampas: ...	47
Figura 5 – Bioindicador <i>Daphnia Magna</i> :	60
Figura 6 – Localização do Aterro Sanitário estudado no trabalho:	61
Figura 7 – Ponto de coleta da água subterrânea e do chorume do aterro sanitário:.	65
Figura 8 – Fotografia aérea da área do Aterro Sanitário:	69
Figura 9 – Planta baixa da área do aterro mostrando as células de disposição:.....	72
Figura 10 - Quantidade de resíduos sólidos domiciliares e industriais depositados no aterro sanitário entre o período de setembro 2005 a Março de 2006.....	74
Figura 11 – Cálculo em porcentagem dos resíduos depositados na célula industrial:	74
Figura 12 – Instalação manta de PEAD para a impermeabilização da base do aterro:	77
Figura 13 – Corte Esquemático das camadas de impermeabilização do solo:.....	78
Figura 14 – Instalação dos drenos capa captação das águas subterrâneas:.....	79
Figura 15 – Drenagem de águas pluviais:	80
Figura 16 – Impermeabilização do aterro:	82
Figura 17 – Tanque de recepção, inspeção e armazenamento dos líquidos percolados respectivamente em 1º, 2º e 3º plano:.....	84
Figura 18 – Etapas da disposição final dos resíduos sólidos no aterro sanitário:.....	88
Figura 19 – Etapas de instalação dos drenos de biogás:	90

Figura 20 – Recirculação do chorume no interior do maciço do aterro sanitário:.....	91
Figura 21 – Perfil esquemático do poço de monitoramento:	95
Figura 22 – Pontos de coletas de amostras de águas superficiais para monitoramento:	96

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplos de normas legais elaboradas no Brasil sobre resíduos sólidos:	33
Quadro 2 – Exemplos de normas legais elaboradas no Estado de Santa Catarina sobre resíduos sólidos:.....	34
Quadro 3 – Exemplos de normas brasileiras, elaboradas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), referentes a resíduo sólido, classificadas por tipo e data:.....	40
Quadro 4 – Capacidade de diversos materiais utilizados para cobertura do aterro: .	52
Quadro 5 – Máquinas e equipamentos usados na operação do aterro sanitário:	92
Quadro 6 – Características do local apontado no Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos - IQR:.....	111
Quadro 7 – Infra-estrutura do aterro apontado pelo Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos - IQR:.....	113
Quadro 8 – Condições operacionais do Aterro Sanitário apontado pelo Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos - IQR:.....	114

1. INTRODUÇÃO

Devido o aumento populacional assim como o aumento da demanda de consumo, a geração de resíduos sólidos tem se tornado um sério problema. À medida que se gera resíduos é necessário que haja o seu tratamento, buscando o reaproveitamento ou a reutilização dos resíduos e então se necessário à disposição final em um aterro sanitário.

A disposição final dos resíduos sólidos tem se tornado um sério problema ambiental, e tem sido tratado com descaso pelos administradores públicos municipais. Na região de Criciúma - SC, os resíduos sólidos de todas as classes vinham sendo depositados em lixões a céu aberto ou em aterros controlados, em áreas degradadas por depósitos de rejeito de carvão (AMREC) e a céu aberto em áreas rurais (AMESC).

Após um diagnóstico realizado pela Companhia de Polícia de Proteção Ambiental o Ministério Público Catarinense entendendo o problema da disposição final dos resíduos sólidos no estado implantou o programa “Lixo Nosso de Cada Dia”, um termo de ajustamento de conduta tendo como objetivo incentivar a educação ambiental e a implantação de aterros sanitários.

É evidente a necessidade de se promover uma gestão adequada de resíduos, a fim de prevenir os possíveis efeitos negativos sobre o meio ambiente e como também os riscos para a saúde humana. Levando em consideração estas necessidades, as medidas de controle e proteção ambiental em aterros são

importantes e devem ser adotadas visando o controlar os impactos e melhorando a qualidade de vida.

O Aterro Sanitário estudado neste trabalho é um empreendimento da SANTEC Saneamento & Tecnologia Ambiental Ltda, uma empresa privada que atua na área ambiental no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e industriais e sua disposição final, prestando serviços junto às indústrias e prefeituras municipais. O aterro sanitário procurou buscar soluções para o problema da disposição final dos resíduos sólidos urbanos e industriais, gerados na região sul do Estado de Santa Catarina.

Na disposição final de resíduos sólidos em aterros sanitários o aspecto mais importante são os líquidos percolados gerados no acondicionamento de resíduos em aterros, conhecido também como chorume, é um dos principais impactos relacionados no processo de disposição dos resíduos sólidos. O chorume é um líquido escuro produzido pela decomposição das substâncias contidas nos resíduos, que tem como característica o mau cheiro e a elevada DBO.

Em consequência da imensa quantidade de compostos químicos orgânicos e inorgânicos que podem ser encontrados no chorume, os testes ecotoxicológicos são importantes para avaliar o perigo das substâncias tóxicas presentes no efluente ao entrar em contato com o ecossistema.

Os sistemas de controle de poluição ambiental e a responsabilidade técnica na operação do aterro sanitário é o que definem seus indicadores de qualidade ambiental. Para avaliar as situações de operação e instalação dos aterros de disposição de resíduos domiciliares do Estado de São Paulo, a CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental criou o Índice de Qualidade de

Aterros de Resíduos (IQR), que é utilizado para a elaboração do inventário estadual de resíduos sólidos que é editado anualmente, mostrando a evolução das condições dos sistemas de disposição de resíduos em aterros.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os indicadores de qualidade ambiental na operação de disposição dos resíduos sólidos urbanos e industriais no aterro sanitário da SANTEC no município de Içara – SC.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar os procedimentos adotados no processo de disposição de resíduos sólidos em aterro sanitário.
- Avaliar e monitorar os indicadores de qualidade ambiental na operação do Aterro Sanitário.
- Aplicar o método de avaliação IQR - índice de qualidade de aterro de resíduos.
- Avaliar a ecotoxicidade dos efluentes (chorume) gerados no processo de disposição dos resíduos sólidos no Aterro Sanitário.

3. JUSTIFICATIVA

Nas últimas décadas a questão ambiental vem repercutindo em todos os setores da sociedade. O impacto ambiental gerado em função da disposição inadequada dos resíduos sólidos tem tomado grandes dimensões e preocupando os administradores públicos.

Os indicadores de qualidade ambiental referente à disposição final de resíduos sólidos em aterros sanitários devem enfatizar os fatores relacionados às características do local de implantação, a sua infra-estrutura do aterro e suas condições de operação. Esses aspectos são importantes para que o processo de disposição final de resíduos sólidos em aterros sanitários seja realizado de forma que não haja impactos significativos ao meio ambiente. Os indicadores de qualidade ambiental na implantação e operação de aterros sanitários, dados pelos sistemas de controle de poluição, suas etapas operacionais, possibilitam o controle dos impactos ambientais relacionados à atividade de disposição final dos resíduos sólidos em aterros.

O chorume gerado pelos líquidos percolados dos aterros é o maior problema associado à disposição final de resíduos sólidos em aterros sanitários. Devido a grande diversidade de substâncias depositadas no aterro sanitário. As análises químicas dos líquidos percolados do aterro se tornam limitadas para prever o seu impacto ao ecossistema, por isso, é importante avaliar os efeitos de toxicidade desse efluente desencadeados pela exposição de indicadores biológicos a essas substâncias.

4. REFERÊNCIAL TEÓRICO

4.1 CONTEXTO HISTÓRICO DA DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ENTRE OS MUNICÍPIOS DA AMREC.

Os impactos ambientais gerados pela disposição inadequada dos resíduos sólidos é um das principais problemas enfrentados pela sociedade nos últimos anos. O atual desenvolvimento baseado no consumo faz crescer a geração de resíduos sólidos criando esse grande passivo ambiental.

Na região Sul do Estado de Santa Catarina veio ao longo dos anos tratando com descaso o problema da disposição final dos resíduos sólidos urbanos, industriais, domésticos e hospitalares. O lixo da região vinham sendo depositado em lixões a céu aberto e aterros controlados, em áreas degradadas por depósitos de rejeito de carvão (AMREC) e a céu aberto em áreas rurais, sem nenhuma medida de controle dos impactos ambientais.

O aterro instalado recente no município de Urussanga foi construído através de um consórcio realizado pelas prefeituras de Cocal do Sul, Lauro Muller, Orleans, Morro da Fumaça, Treviso e Urussanga, onde os resíduos gerados nos municípios são coletados pelas prefeituras e depositados no aterro controlado.

O Ministério Público Catarinense entendendo o problema da disposição final dos resíduos sólidos no estado lançou o programa “O lixo nosso de cada dia”, esse programa trata de um ajustamento de conduta tendo como objetivo incentivar a educação ambiental e a implantação de aterros sanitários. De acordo com o

diagnóstico realizado pela Companhia de Polícia de Proteção Ambiental, mostrado no programa, em Santa Catarina 56% (cinquenta e seis por cento) dos municípios catarinenses, depositam os resíduos sólidos em lixões a céu aberto; 05% (cinco por cento) em usina de compostagem; 27% (vinte e sete por cento) em aterros sanitários; 7% (sete por cento) de recolhimento privado; 4% (quatro por cento) em usinas de reciclagem; 1% (um por cento) em lixão industrial; e, 2% (dois por cento) não possuem nenhum tipo de coleta.

Antes da instalação do aterro sanitário da SANTEC, os municípios de Criciúma, Forquilha e Nova Veneza, o lixo urbano era depositado no aterro controlado localizado no Bairro Santa Libera, entre os municípios de Criciúma e Forquilha, em uma área degradada por rejeitos de mineração do carvão (pirita), de responsabilidade da prefeitura de Criciúma, onde eram jogadas mais de 120 toneladas por dia.

A Tabela 1 a seguir apresenta a situação da coleta e disposição final dos resíduos dos municípios da Região Sul no ano 2000. Levantado graças ao Programa “Lixo Nosso de Cada Dia”, implementado pelo Ministério Público de Santa Catarina em 2001, a situação foi resolvida parcialmente no que diz respeito à construção de aterros sanitários destinados a receber resíduos domiciliares.

No entanto, deve-se destacar que a Região Sul do Estado não tinha um aterro adequado e devidamente licenciado com a finalidade de receber resíduos industriais.

TABELA 1 - Resíduos Sólidos – situação em 2000.

Municípios	Resíduos Sólidos		Condição de Solução
	População urbana com coleta de lixo (%)	Destino final do lixo	Nível
Cocal do Sul	70,17	03 aterro controlado	Solução precária
Lauro Muller	71,27	07 lixão	Condenável
Orleans	52,17	07 lixão	Condenável
Siderópolis	74,64	07 lixão	Condenável
Treviso	100,00	03 aterro controlado	Solução precária
Armazém	50,66	07 lixão	Condenável
Braço do Norte	100,00	05 fora do município	Tranf. solução
Capivari de Baixo	98,00	07 lixão	Condenável
Criciúma	90,00	03 aterro controlado	Solução precária
Forquilha	81,20	03 aterro controlado	Solução precária
Grão Pará	83,00	07 lixão	Condenável
Gravatal	100,00	07 lixão	Condenável
Içara	85,00	07 lixão	Condenável
Imaruí	27,35	07 lixão	Condenável
Imbituba	100,00	07 lixão	Condenável
Jaguaruna	100,00	07 lixão	Condenável
Laguna	100,00	07 lixão	Condenável
Morro da Fumaça	74,07	03 aterro controlado	Solução precária
Nova Veneza	51,26	07 lixão	Condenável
Pedras Grandes	69,99	07 lixão	Condenável
Rio Fortuna	38,36	07 lixão	Condenável
Sangão	43,21	07 lixão	Condenável
Santa Rosa de Lima	22,66	03 aterro controlado	Solução precária
São Ludgero	61,27	07 lixão	Condenável
São Martinho	85,00	03 aterro controlado	Solução precária
Treze de Maio	25,37	07 lixão	Condenável
Tubarão	85,13	05 fora do município	Tranf. solução
Urussanga	60,00	03 aterro controlado	Solução precária

Fonte: IBGE, Censo Demográfico – 2000.

Conforme Tabela 2, a região da AMREC produz mais de 200 toneladas de resíduos sólidos urbano por dia e mais os resíduos industriais que hoje são levados para o Aterro Sanitário de Blumenau, o mais perto daqui a 270 km.

TABELA 2 - Resíduos Sólidos (lixo) AMREC – 2004.

Municípios	Toneladas dia (T)	Nº de Caminhões	Nº de pessoas envolvidas	Tipo de Coleta	Destinação do lixo
Cocal do Sul	8	1	4	Convencional	Aterro Sanitário
Criciúma	100	8	60	Convencional seletiva	Aterro Controlado
Forquilha	9	1	8	Convencional	Aterro Controlado
Içara	39	3	10	Convencional	Lixão
Lauro Muller	8	1	5	Convencional seletiva	Aterro Sanitário municipal
Morro da Fumaça	10	1	7	Convencional	Aterro Sanitário
Nova Veneza	7	1	4	Convencional	Aterro Controlado
Siderópolis	7	2	8	Convencional seletiva	Aterro Controlado – projeto
Treviso	5	1	4	Convencional	Aterro Sanitário
Urussanga	21	2	6	Convencional seletiva	Aterro Sanitário
Total	214	21	116	-	-

Fonte: Prefeituras Municipais e IPAT – 2004.

Na região Sul, a quantidade de resíduos domiciliares gerados pelos seus habitantes varia em torno de 0,7 a 1 kg/hab/dia, quando não há coleta seletiva no município. Assim, a população urbana da região Sul é de 597.508 habitantes, o que significa uma geração de resíduos sólidos variando desde 420 toneladas por dia, podendo atingir até 597 toneladas/dia nos seus 39 municípios.

Observa-se que até a instalação do aterro sanitário da SANTEC no município de Içara, o destino do restante dos resíduos urbanos gerados pelos demais municípios não vinham sendo depositados de forma adequada.

As indústrias instaladas na Região Sul são responsáveis pela geração de um grande volume de resíduos sólidos. Estima-se que os diversos setores de produção sejam responsáveis pela geração de aproximadamente 250 toneladas por dia de resíduos industriais – Classe II.

4.2 DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS.

4.2.1 DEFINIÇÃO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 1004/2004, define resíduos sólidos como:

“Resíduos que se encontram nos estados sólido e semi-sólido resultantes das atividades da comunidade de origem: doméstica, industrial, hospitalar, comercial, agrícola, varrição, serviços gerais. Ficam também incluídos nesta definição lodos provenientes de sistemas de tratamentos de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável seu lançamento na rede de esgotos ou corpos da água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face a tecnologia disponível” (ABNT: NBR 1004/2004).

Os resíduos sólidos são gerados por processos de diversas atividades como: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e ainda da varrição pública. E podem apresentar características físicas como: seco ou molhado e características químicas como: orgânico e inorgânico.

A NBR 10.004/2004 também nos diz que os resíduos sólidos podem ser classificados segundo a sua origem, ou seja, domiciliar, comercial, público, serviços de saúde, portos, industriais, agrícolas e entulhos sendo que:

Domiciliar – É o resíduo gerado nas residências, constituído por: restos de alimentos, produtos deteriorados, jornais e revistas, garrafas plásticas e de vidro, embalagem em geral, papel higiênico, fraldas descartáveis, e uma infinidade de outros itens. No lixo domiciliar ainda podemos encontrar resíduos que contem componentes tóxicos como pilhas e aerossóis.

Comercial – São os resíduos originados nos estabelecimentos comerciais e de serviços, tais como, supermercados, estabelecimentos bancários, lojas, bares, restaurantes etc. Esses resíduos apresentam em grande quantidade papel, plásticos, embalagens diversas, papel higiênico e etc.

Público – Aqueles originados pela limpeza pública urbana, incluindo as varrições, limpeza das praias, córregos, terrenos, animais mortos, podas de árvores etc. Também estão incluídos nessa categoria os resíduos gerados pela limpeza de feiras livre, constituído por restos vegetais diversos, embalagens etc.

Serviços de Saúde – É constituído por resíduos sépticos, ou seja, aqueles que possam estar contaminados por organismos patogênicos, originados em locais como: hospitais, clínicas, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias, postos de saúde, etc. Tratam-se de agulhas, seringas, gazes, bandagens, algodões, órgãos e tecidos removidos, meios de culturas e animais usados em testes, sangue coagulado, luvas descartáveis, remédios com prazo de validade vencido, instrumentos de resina sintética, filmes fotográficos de raios X, etc.

Portos – Esses resíduos são resíduos que contem ou potencialmente podem conter germes patogênicos, produzidos nos portos, aeroportos e terminais ferroviários e rodoviários. Basicamente constituídos por papel higiênico, materiais de higiene, restos de alimentos, esses que podem veicular doenças provenientes de outras cidades, estados e países.

Industriais – São resíduos gerados por diversos processos industriais, tais como, cerâmica, metalúrgica, química, papel e celulose, alimentícia, têxtil etc. Esses resíduos são bastante variados, e em sua maioria apresentam um alto grau

de periculosidade (Classe I), podendo ser representado por lodos de tratamento de água, plásticos, papéis, madeiras, resíduos ácidos ou alcalinos, metais, vidros etc.

Agrícola – São resíduos sólidos provenientes das atividades agrícolas e da pecuária constituídos por embalagens de fertilizantes, defensivos agrícolas, rações, restos de colheitas, etc. As embalagens de agrotóxicos são de potencial altamente tóxicas e tem legislação específica referente a sua coleta e destinação final.

Entulho – Resíduos Sólidos de construção civil geralmente inerte, mas podendo conter substâncias tóxicas oriundas de tintas, solventes e peças de amianto, e metais. Esses são compostos por material de demolição, solos de escavações, pedaços de obras, etc.

4.2.2 CLASSIFICAÇÃO

A classificação dos resíduos sólidos é realizada a partir da sua origem e a sua periculosidade em relação aos padrões de qualidade ambiental e de saúde pública.

No Brasil, as normas para a classificação dos resíduos são baseadas em normas americanas. A Associação Brasileira de Normas Técnicas dispõe das seguintes normas para a classificação dos resíduos sólidos.

- NBR 10.004 de 2004: Resíduos Sólidos – classificação;
- NBR 10.005 de 2004: Lixiviação de resíduos;
- NBR 10.006 de 2004: Solubilização de resíduos;
- NBR 10.007 de 2004: Amostragem de resíduos – amostragem.

Segundo a NBR 10.004/2004 os resíduos sólidos podem ser classificados como:

Resíduos Classe I – Perigosos: aqueles que apresentam periculosidade, ou seja, possam causar risco à saúde pública, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices e/ou possam causar risco ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada, ou apresentem uma dessas características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade.

Resíduos Classe IIA – Não Inertes: aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou de resíduos classe II-B, nos termos da norma. Estes resíduos podem ter propriedades tais como: biodegradabilidade, combustibilidade, ou solubilidade em água.

Resíduos Classe IIB – Inertes: Quaisquer resíduos, que quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, executando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Os resíduos radioativos não se enquadram nessa classificação, pois o seu gerenciamento é de responsabilidade exclusiva da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

4.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL – RESÍDUOS SÓLIDOS.

4.3.1 LEGISLAÇÃO NACIONAL.

Segundo Consoni & Gonzalez (2000), a legislação ambiental brasileira sofreu um considerável avanço nos últimos anos. Existe, no cenário nacional, um aparato normativo que demonstra a abundância da tutela jurídica ao ambiente em nosso país. O aspecto institucional resume-se, de certa forma, à atuação integrada do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, criado com a Lei nº 6.938/81, que representa um conjunto articulado de órgãos, entidades, regras e práticas da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios responsáveis pela proteção da qualidade ambiental.

A Constituição de 1988, em seu artigo 23, incisos III, IV, VI e VII, confere aos municípios a competência para a proteção ambiental, em comum com a União e os Estados. Apesar da competência outorgada, os municípios têm permanecido mais no âmbito da execução da legislação em vigor do que no âmbito de criar leis sobre o assunto. Porém, o artigo 30, Inciso II da Constituição, reconhece aos municípios a competência para suplementar a legislação federal e a estadual em matéria ambiental.(CONSONI & GONZALEZ, 2000).

Conforme Consoni & Gonzalez, (2000), a estrutura do SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente é composta pelos seguintes órgãos:

- Órgão Superior: Conselho do Governo;
- Órgão Consultivo e Deliberativo: CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente;

- Órgão Central: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal;
- Órgão Executor: IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis;
- Órgãos Seccionais: Secretarias Estaduais de Meio Ambiente e entidades supervisoras; e,
- Órgãos Locais: Entidades ou Órgãos Municipais.

QUADRO 1: Exemplos de normas legais elaboradas no Brasil sobre resíduos sólidos (período de 2002 – 2005).

Resolução Conama	Tema abordado	Data
Nº 301	Altera dispositivos da Resolução nº 258, de 26 de agosto de 1999, que dispõe sobre Pneumáticos.	21 de março de 2002
Nº 307	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.	5 de julho de 2002
Nº 308	Licenciamento Ambiental de sistemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos gerados em municípios de pequeno porte	21 de março de 2002
Nº 313	Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.	29 de outubro de 2002
Nº 334	Dispõe sobre os procedimentos de licenciamento ambiental de estabelecimentos destinados ao recebimento de embalagens vazias de agrotóxicos	3 de abril de 2003
Nº 358	Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.	29 de abril de 2005
Nº 362	Estabelece que todo óleo lubrificante usado ou contaminado deverá ser recolhido, coletado e ter destinação final, de modo que não afete negativamente o meio ambiente e propicie a máxima recuperação dos constituintes nele contidos.	23 de junho de 2005

FONTE: RESOLUÇÕES COMANA

4.3.2 LEGISLAÇÃO ESTADUAL.

Para Consoni & Gonzalez (2000: 330) cada Estado possui sua entidade governamental responsável pela execução de programas e projetos de controle e fiscalização das atividades potencialmente poluidoras. No caso de Santa Catarina, esta entidade é a Secretaria de Desenvolvimento Sustentável que possui a FATMA - Fundação de Meio Ambiente como entidade supervisora.

Estas entidades, além da execução de programas, projetos de controle e fiscalização, elaboram resoluções e normas que auxiliam o cumprimento de seus propósitos.

QUADRO 2: Exemplos de normas legais elaboradas no Estado de Santa Catarina sobre resíduos sólidos.

Item	Elaborada por	Data
Decreto nº 14250 Regulamenta dispositivos da Lei nº 5793 de 15 de outubro de 1980, referentes à proteção e a melhoria da qualidade ambiental, na seção II art. 20 a 24	Governo do Estado	5 de junho de 1981
Portaria nº 1154/SES fixa normas técnicas e parâmetros mínimos necessários para o Gerenciamento dos Resíduos sólidos de Serviço de Saúde	Secretaria de Estado da Saúde	03 de dezembro de 1997
Lei nº 12863 Dispõe sobre a obrigatoriedade do recolhimento de pilhas, baterias de telefones celulares, pequenas baterias alcalinas e congêneres, quando não mais aptas ao uso	Governo do Estado	12 de janeiro de 2004

FONTE: FATMA, 2005

A nível Estadual, a legislação espelha a tendência nacional de remeter para o produtor/ importador de alguns produtos a responsabilidade pelo destino final dos resíduos, ao fim de suas vidas úteis.

DECRETO Nº 14.250 – de 05 de junho de 1981.

Regulamenta dispositivos da Lei nº 5.793, de 15 de outubro de 1980, referentes à Proteção e a Melhoria da Qualidade Ambiental.

SEÇÃO II

Da proteção do solo e do controle dos resíduos sólidos

Art. 20 - É proibido depositar, dispor, descarregar, enterrar, infiltrar ou acumular no solo resíduos, em qualquer estado da matéria, desde que causem degradação da qualidade ambiental, na forma estabelecida no artigo 3º.

Art. 21 - O solo somente poderá ser utilizado para destino final de resíduos de qualquer natureza, desde que sua disposição seja feita de forma adequada, estabelecida em projetos específicos, ficando vedada a simples descarga ou depósito, seja em propriedade pública ou particular.

Parágrafo 1º - Quando a disposição final, mencionada neste artigo, exigir a execução de aterros sanitários, deverão ser tomadas medidas adequadas para proteção das águas superficiais e subterrâneas, obedecendo-se normas a serem expedidas.

Parágrafo 2º - O lixo "in natura" não deve ser utilizado na agricultura ou para a alimentação de animais.

Art. 22 - Os resíduos de qualquer natureza, portadores de patogênicos ou de alta toxicidade, bem como inflamáveis, explosivos, radioativos e outros prejudiciais, deverão sofrer, antes de sua disposição final no solo, tratamento e/ou acondicionamento adequados fixados em projetos específicos, que atendam os requisitos de proteção à saúde pública e ao meio ambiente.

Art. 23 - Somente será tolerada a acumulação temporária de resíduos de qualquer natureza, desde que não ofereça risco à saúde pública e ao meio ambiente.

Art. 24 - O tratamento, quando for o caso, o transporte e a disposição de resíduos de qualquer natureza de estabelecimentos industriais, comerciais e de prestação de serviços quando não forem de responsabilidade do Município, deverão ser feitos pela própria empresa e as suas custas.

4.3.3 LEGISLAÇÃO MUNICIPAL.

Conforme Consoni & Gonzalez (2000), a limpeza urbana e a disposição final de resíduo sólido estão inseridas num conjunto de ações do poder local que visam ao bem-estar da população e à proteção do ambiente. Num âmbito mais restrito, faz parte das ações de saneamento ambiental, em conjunto com o

abastecimento de água, o tratamento de esgoto sanitário e a drenagem pluvial que objetivam eliminar as condições nocivas que possam afetar a saúde humana.

As ações de saneamento ambiental, portanto, interagem intimamente com as de habitação e saúde transformando-se em fatores decisivos para a qualidade de vida e o desenvolvimento social.

A Constituição Federal exige do município a edição de leis que articuladas, compõem a base do sistema de planejamento. Conforme Consoni & Gonzalez, (2000: 318) os principais instrumentos legais de planejamento para um município são:

- Plano Diretor;
- Lei de Uso e Ocupação do Solo;
- Lei de Parcelamento do Solo Urbano;
- Lei Orçamentária;
- Código Tributário;
- Código de Obras; e;
- Código de Posturas.

A Lei orgânica do município é um instrumento legal que trata das diversas políticas do município, onde estão inseridas, entre outras, as políticas de saúde e meio ambiente. Outro instrumento legal que trata das questões ambientais a nível municipal é o Plano Diretor.

4.3.4 NORMAS TÉCNICAS

Conforme Consoni & Gonzalez, (2000: 339), norma é um documento estabelecido por consenso e aprovado por um organismo reconhecido que fornece, para uso comum e repetitivo, regras, diretrizes ou características para atividades ou seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto.

As normas são importantes, pois:

- Permitem comunicação na mesma linguagem;
- Fornecem especificação necessária para uma boa qualidade dos serviços; e,
- Orientam através de critérios como construir e operar sistemas e serviços.

Segundo ABNT (1993), norma é um documento elaborado segundo procedimentos e conceitos emanados do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, conforme a Lei nº 5.966 de 02 de dezembro de 1973, e demais documentos legais destes decorrentes.

De acordo com a sua classificação, as normas brasileiras são resultantes de um processo de consenso nos diferentes fóruns do sistema, cujo universo abrange o governo, o setor produtivo, o comércio e os consumidores. As normas brasileiras em suas prescrições visam obter:

- Defesa dos interesses nacionais;
- Racionalização na fabricação ou produção e na troca de bens e serviços, através de operações sistemáticas e repetitivas;

- Proteção dos interesses dos consumidores;
- Segurança de pessoas e bens; e,
- Uniformidade dos meios de expressão e comunicação.

Para Consoni & Gonzalez (2000), é preciso considerar a importância das normas técnicas, pois elas apresentam uma linguagem comum, reduzem a variedade de procedimentos, possibilitam a repetição de resultados e melhoram a qualidade de serviços e produtos. No entanto, deve-se alertar que normas técnicas não são leis, mas segui-las é muito importante.

Segundo ABNT (1993), as normas técnicas podem ser classificadas em sete tipos:

- Classificação;
- Especificação;
- Método de Ensaio;
- Procedimento;
- Padronização;
- Simbologia; e,
- Terminologia.

Segundo Consoni & Gonzalez (2000), podem ser elaboradas, basicamente, em três níveis:

- Internacional;
- Nacional;
- Empresas governamentais ou privadas.

A ABNT não é uma entidade governamental e sim uma associação, mas suas normas recebem a denominação de Normas Brasileiras (NBR), elaboradas através de suas comissões de estudo, pois é o órgão responsável pela normalização técnica no Brasil e representante do país nas entidades de normalizações internacionais. Por isso, representa o principal “código de normas” existente no país.

No Quadro 3 estão relacionadas como exemplo, por tipo, algumas das principais normas brasileiras, elaboradas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), referentes a resíduo sólido.

QUADRO 3: Exemplos de normas brasileiras, elaboradas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), referentes a resíduo sólido, classificadas por tipo e data.

Tipo	Número	Assunto	Data
Classificação	NBR 9198	Embalagem e acondicionamento	1985
Classificação	NBR 10004	Resíduos sólidos	2004
Classificação	NBR 12808	Resíduos de serviços de saúde	1993
Especificação	NBR 9191	Sacos plásticos para acondicionamento de lixo – Requisitos e métodos de ensaio.	2002
Especificação	NBR 9690	Mantas de polímeros para impermeabilização (PVC).	1986
Padronização	NBR 1265	Incineração de resíduos sólidos perigosos – Padrões de desempenho.	1990
Procedimento	NBR 8419	Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos.	1992
Procedimento	NBR 8849	Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos.	1985
Procedimento	NBR 8843	Aeroportos – Gerenciamento de resíduos sólidos.	1996
Procedimento	NBR 10007	Amostragem de resíduos.	2004
Procedimento.	NBR 10157	Aterros de resíduos perigosos - Critérios para projeto, construção e operação.	1987
Procedimento	NBR 10005	Lixiviação de resíduos.	2004
Procedimento	NBR 10006	Solubilização de resíduos.	2004
Procedimento	NBR 1183	Armazenamento de resíduos sólidos perigosos	1992
Procedimento	NBR 1264	Armazenamento de resíduos classes II (não-inertes) e III (inertes).	1990
Procedimento	NBR 9000	Normas de gestão da qualidade e garantia da qualidade- Diretrizes para seleção e uso.	1997
Procedimento	NBR 12809	Manuseio de resíduos de serviços de saúde.	1993
Procedimento	NBR 12810	Coleta de resíduos de serviços de saúde.	1993
Procedimento	NBR 7229	Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos.	1993
Terminologia	NBR 10703	Degradação do solo.	1989
Terminologia	NBR 12807	Resíduos de serviços de saúde.	1993
Terminologia	NBR 12980	Coleta, varrição e acondicionamento de RSU.	1993

Fonte: PRANDINI *et al* (1995) atualizado TRENTO, S.

4.4 DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM ATERRO SANITÁRIO.

No Brasil segundo dados obtidos na PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2002) indicam que: 63,6 % dos municípios depositam seus resíduos em “lixões”, somente 13,8 % utilizam aterro sanitário e 18,4 % dispõe seus resíduos em aterros controlados, totalizando 32,2 %. Os municípios restantes totalizando 5 % não declararam qual o destino dão aos seus resíduos.

4.4.1 LIXÃO

Segundo Consoni, Silva & Filho (2000), o lixão é uma forma inadequada de disposição final de resíduos sólidos municipais, que se caracteriza pela simples descarga dos resíduos sobre o solo, sem medidas de proteção ao meio ambiente ou à saúde pública. O mesmo que descarga de resíduos a céu aberto ou vazadouro.

Os resíduos assim lançados acarretam problemas à saúde pública, como a proliferação de vetores de doenças (moscas, mosquitos, baratas, ratos, entre outros), geração de odores desagradáveis e, principalmente, poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas pelo chorume (líquido de coloração escura, mau cheiroso e de elevado potencial poluidor, produzido pela decomposição da matéria orgânica contida nos resíduos) (Lanza, Carvalho & Alvin, 2005).

Acrescenta-se a esta situação o total descontrole dos tipos de resíduos recebidos nestes locais, verificando-se até mesmo a disposição de dejetos originados de serviços de saúde e de indústrias. Comumente, ainda, associam-se aos lixões a criação de animais e a presença de pessoas (catadores), os quais, algumas vezes, residem no próprio local (Consoni, Silva & Filho, 2000).

4.4.2 ATERRO CONTROLADO

Esse método tenta reduzir os impactos do lixão, mas não tem medidas de controle de impactos ambientais. Não dispondo de sistemas de impermeabilização de base, captação de chorume e de gases gerados no aterro, acaba gerando poluição comprometendo assim a qualidade da água, ar e solo.

O Aterro Controlado é uma técnica de disposição de resíduos municipais no solo, que objetiva minimizar os riscos a saúde pública e à sua segurança. Esse método utiliza alguns princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho (Consoni, Silva & Filho, 2000).

Esta forma de disposição final de resíduos causa impactos ao meio ambiente por não possuir sistema de impermeabilização de base (comprometendo a qualidade das águas subterrâneas), nem sistema de captação e tratamento de chorume ou de dispersão de gases.

4.4.3 ATERRO SANITÁRIO.

Segundo Lanza, Carvalho & Alvin, (2005), o Aterro Sanitário é um método de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo; é fundamentado em princípios básicos de engenharia e normas operacionais específicas, que têm como objetivo acomodar no solo, no menor espaço possível, os resíduos sólidos urbanos, sem causar danos ao meio ambiente ou à saúde pública.

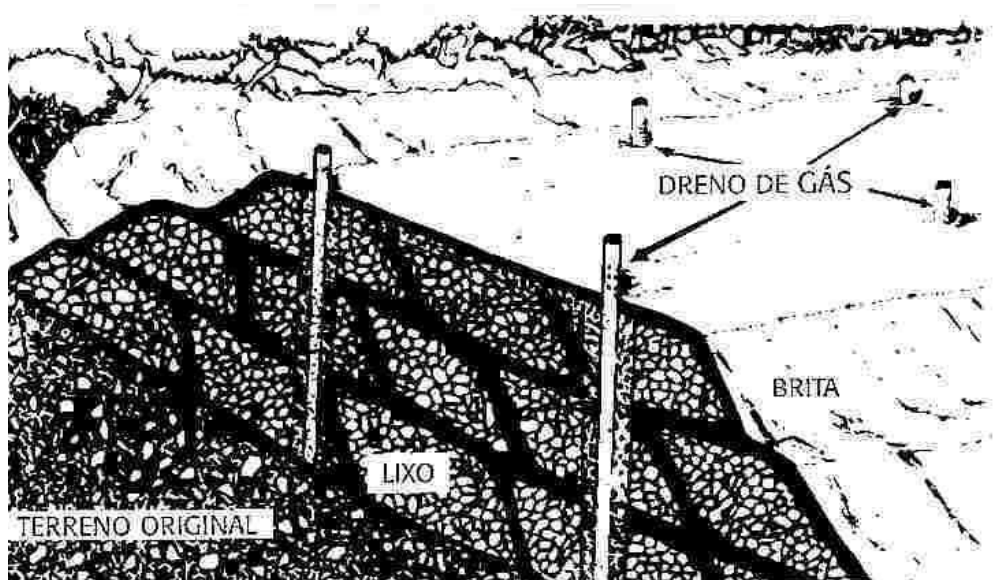
Esse método de disposição final dos resíduos deve contar com todos os elementos de proteção ambiental:

- Sistema de impermeabilização de base e laterais;

- Sistema de cobertura;
- Sistema de coleta e drenagem de líquidos percolados;
- Sistema de tratamento de líquidos percolados;
- Sistema de coleta e tratamentos dos gases;
- Sistema de drenagem superficial;
- Sistema de monitoramento.

O aterro sanitário é o método de disposição final de lixo, que apresenta as maiores vantagens, pois seus sistemas de controle de poluição visam reduzir os impactos decorrentes do descarte dos resíduos. Na instalação do aterro sanitário estão presentes várias características como: subdivisão da área do aterro em células de colocação de lixo; disposição de resíduos em solo com camadas de impermeabilização, não permitindo o contato dos líquidos percolados com o lençol freático; presença de drenos superficiais para a coleta da água das chuvas; drenos para a coleta de chorume; drenos para captação de gases; estação de tratamento de efluentes, recobrimento do lixo em camadas por material inerte (solo vegetal), evitando a proliferação de vetores, combustão do lixo e evitando o contato da água da chuva com a massa de resíduo.

A Figura 1 apresenta uma vista esquemática da estrutura das células do aterro sanitário com o posicionamento dos drenos de saída de gases:



Fonte: LEITE (1997) *apud* TENÓRIO & ESPINOSA (2004: 183).

Embora consistindo em uma técnica simples, os aterros sanitários exigem cuidados especiais, e procedimentos específicos devem ser seguidos desde a escolha da área até a sua operação e monitoramento. Tem uma vida útil superior a 10 anos, e o seu monitoramento deve prolongar-se, no mínimo, por mais 10 anos após o seu encerramento (LANZA, CARVALHO & ALVIN, 2005).

4.5 MÉTODOS DE EXECUÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO

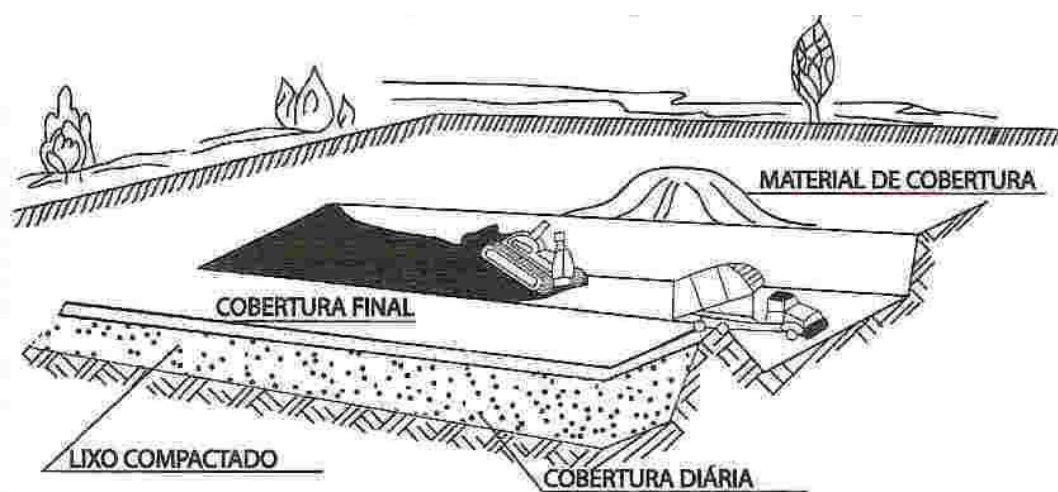
De acordo com as características do local do empreendimento, o aterro sanitário pode ser executado por três métodos distintos: método da trincheira; método da área, método da rampa.

4.5.1 MÉTODO DA TRINCHEIRA

O método da trincheira é usado em terrenos planos, onde são feitas escavações no solo, com largura variável entre 10 a 30 metros, e profundidade próxima de 3 metros. O material é estocado para posterior utilização como material de cobertura (LIMA & BORGES, 2000).

Para a sua construção, empregam-se equipamentos normais de movimento de solos, como por exemplo, as retroescavadeiras. Os solos com boas características de aderência, como, por exemplo, os argilosos ou silto argila, são recomendáveis para a execução de trincheiras, dado que se poderia aumentar a inclinação dos taludes (sem perigo de desmoronamento), reduzindo o espaço necessário para a sua realização e permitindo reduzir a separação entre valas. (MONTEIRO, 2001).

A Figura 2 mostra o esquema de acondicionamento de resíduos sólidos urbanos em células com a técnica de trincheiras:



Fonte: LEITE (1997) *apud* TENÓRIO & ESPINOSA (2004: 181).

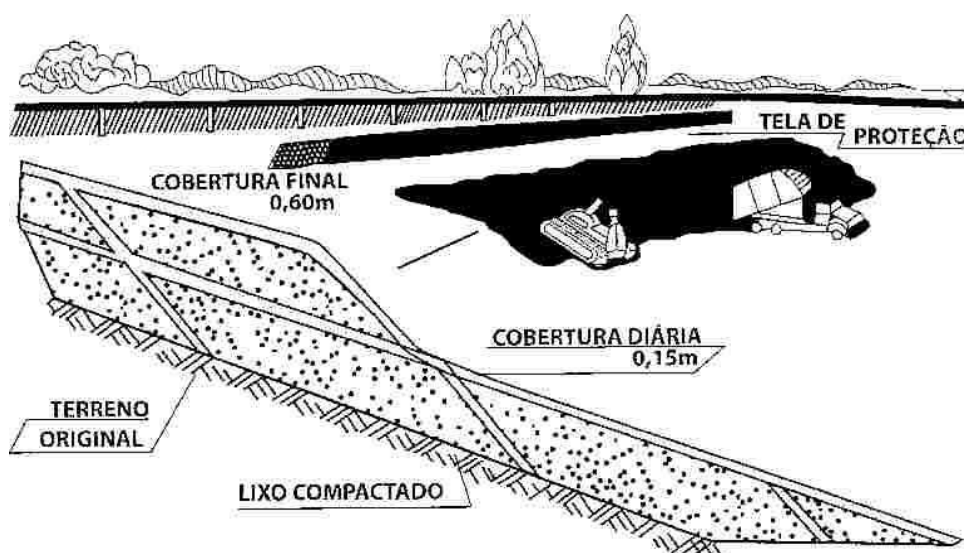
4.5.2 MÉTODO DA ÁREA

O método da área é utilizado em zonas baixas, onde não existe possibilidade de aproveitamento do solo local para material de cobertura e não é possível escavar, por encontrar-se muito próximo ao nível do aquífero superior (LIMA & BORGES, 2000).

O material de cobertura que se utiliza para cobrir os resíduos dispostos no aterro se extrai de um lugar distinto do que será a superfície-suporte do aterro. Deve-se extrair o material de cobertura de áreas próximas e se arrasta ou transporta até as áreas a aterrar com resíduos. Portanto afeta o custo de operação do aterro (MONTEIRO, 2001).

Na aplicação do método de áreas é necessária sempre a presença de uma barreira ou muro, (natural ou artificial) para compactar os resíduos contra a mesma. No caso de depressão de mais de 4 m de profundidade é aconselhável efetuar a descarga no nível inferior de forma a permitir uma disposição em camadas que assegure uma compactação uniforme. Chamamos célula a área de resíduo colocada, compactada e tampada com material de cobertura (MONTEIRO, 2001).

A Figura 3 apresenta o esquema de disposição de resíduos em células com a técnica de áreas:



Fonte: LEITE (1997) *apud* TENÓRIO & ESPINOSA (2004: 182).

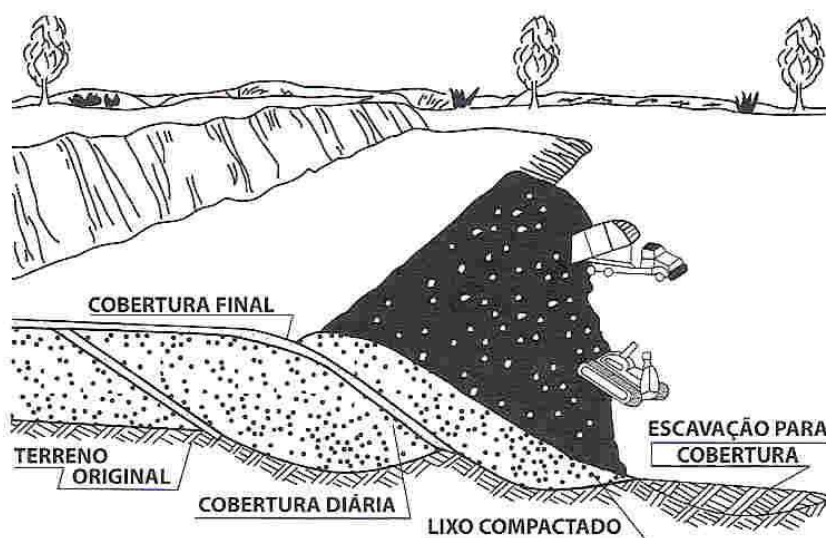
4.5.3 MÉTODO DA RAMPA

O método da rampa consiste no aterro feito com o aproveitamento de um talude, natural ou construído, onde o lixo é compactado de encontro a esse talude. O material de cobertura é retirado por escavação antecipada na própria frente de trabalho (LIMA & BORGES, 2000).

Utilizam-se rampas, valas e fossas de aterro suplementar e inclusive canteiros como zonas de descarga. As técnicas para colocar e compactar os resíduos em aterros de valas ou rampas variam segundo a geometria do lugar, as características do solo, a hidrologia e geologia do lugar, os tipos de instalações para o controle do gás e do percolado que se vai utilizar (MONTEIRO, 2001).

Uma das chaves para utilização do método de rampa é a disponibilidade do material adequado para a cobertura de cada nível que se completa e para proporcionar uma cobertura final sobre a totalidade do aterro, quando se tenha alcançado a altura final (MONTEIRO, 2001).

Na figura 4 o esquema de acondicionamento em células com a técnica de rampas:



Fonte: LEITE (1997) *apud* TENÓRIO & ESPINOSA (2004: 181).

4.6 SELEÇÃO DE ÁREAS PARA INSTALAÇÃO DE ATERROS SANITÁRIOS.

A seleção da área de implantação para o aterro sanitário é uma escolha determinante do ponto de vista técnico e ambiental, pois esse fator está diretamente ligado ao seu funcionamento e operação.

Segundo (Consoni, Silva & Filho, 2000) as características geológico-geotécnicas, o local onde será implantado o aterro sanitário deverá apresentar solo homogêneo, impermeável e profundidade do lençol freático tal que não cause danos ambientais ao meio. A norma NBR 13896 (ABNT, 1997b) estabelece que:

- Idealmente, o local deverá apresentar manto de solo homogêneo de 3,0 m de espessura com coeficiente de permeabilidade de $K = 10^{-6}$ cm/s;
- Poderá ser considerada aceitável uma distância mínima, entre a base do aterro e a cota máxima do aquífero freático, igual a 1,5 m, para um coeficiente de

permeabilidade $K = 5.10^{-5}$ cm/s. Nesse caso poderá ser exigida uma impermeabilização suplementar, visando maior proteção ao aquífero freático;

- Em áreas com predominância de solos com coeficiente de permeabilidade menores ou iguais a $K = 10^{-4}$ cm/s, não é recomendado a construção de aterros.

De acordo com Monteiro (2001), na seleção da localização do aterro sanitário deve-se também levar em conta os fatores econômicos, técnicos e construtivos, os fatores ambientais e os fatores políticos, legais e sociais, como:

- Distância de transporte aos núcleos de coleta dos resíduos sólidos.
- Distância de núcleos habitacionais.
- Águas subterrâneas e superficiais.
- Clima.
- Tipos de solos.
- Fauna e flora.
- Riscos geológicos, inundações, queda de barreiras, erosões, fatores sísmicos.
- Qualidade da paisagem e incidência visual.
- Espaços naturais ou de interesse cultural e/ou científico.
- Volume útil ou capacidade do aterro.
- Sistema de acessos à possível localização.
- Disponibilidade de material de cobertura e selagem.

- Existência de infra-estrutura, água, eletricidade, telefone.
- Morfologia.
- Característica geotécnica do substrato.
- Custo do terreno.
- Presença e ausência de recursos minerais e rochas industriais.
- Existência de um plano diretor da cidade que limita o uso do solo.

4.7 CRITÉRIOS DE OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO.

4.7.1 COMPACTAÇÃO

A compactação dos resíduos consiste em comprimir os resíduos reduzindo assim seu volume, aumentando a sua densidade, a compactação aumenta a vida útil do aterro evitando a movimentação do maciço, tanto verticalmente como horizontalmente. Segundo Monteiro (2001), a compactação dos resíduos depende dos seguintes fatores:

- O caráter heterogêneo da composição dos resíduos sólidos recebidos.
- Pressão média exercida pela superfície do sistema do equipamento empregado (roda, esteira) em contato com os resíduos sólidos. A espessura da camada de resíduos não deve ser superior a 0,60 m, pois assim a compactação dos resíduos é mais efetiva.
- A inclinação da área de trabalho dos equipamentos. Os maiores valores são obtidos com inclinações suaves (iguais ou menores a 3:1). Para inclinações maiores,

a compactação é menor. O espalhamento, deslocamento e devem ser efetuados contra a inclinação para aproveitar o peso e a potência do equipamento.

Monteiro (2001), ainda nos diz que, o ideal é trabalhar com declive, espalhando os resíduos em camadas de 0,60 m, de forma uniforme e compactar com 3 passadas de compactador ou 5 de trator de não menos que 10 toneladas de peso. A inclinação máxima tolerada é de 30° e a mínima de 15°. O densidade mínima que se deve obter é de 0,5 ton/m³ podendo ser aceita uma compactação em aterros manuais de 0,45 ton/m³.

Uma eficiente compactação dos resíduos no aterro, minimiza a ocorrência de assentamentos ocorrentes nas fases de estabilização e consolidação do maciço do aterro. Segundo Monteiro (2001), os valores prováveis dos assentamentos podem ser estimados entre 50% e 30% da altura líquida da camada de lixo, dependendo do valor de:

- O processo biológico que se desenvolve no período de estabilização que transforma a matéria orgânica, produzindo uma diminuição da altura da camada de lixo, utilizada para o aterro;
- O grau de compactação obtida na operação;
- A qualidade dos resíduos;
- As condições climáticas da área de operação;
- O equipamento empregado.

Monteiro (2001), ainda nos diz que, o tempo que se produz o assentamento é de 10 a 15 anos, verificando-se nos primeiros 5 anos 90% do assentamento total produzido.

4.7.2 COBERTURA

A cobertura dos resíduos evita à formação de odores provenientes da decomposição dos resíduos, a geração de chorume em consequência da infiltração da água da chuva no maciço do aterro, a proliferação de vetores (moscas e roedores), presença de aves (garças e urubus), dispersão do lixo pelo efeito do vento e o efeito visual negativo que o lixo não-coberto produz. Segundo Monteiro (2001), a camada de cobertura dos resíduos deve ser no mínimo de 20 cm. E deve-se realizar diariamente.

No quadro 4 mostra a capacidade de diversos materiais utilizados na cobertura dos resíduos depositados em aterros:

QUADRO 4 - Capacidade de diversos materiais utilizados para cobertura do aterro.

Função	Cascalho Limpo	Cascalho com Areia e Argila	Areia Limpa	Argila com Areia	Areia	Argila
Prevenir o acesso de roedores – perfurar a camada de material de cobertura	Bom	Aceitável Bom	Bom	Mal	Mal	Mal
Prevenção de moscas	Mal	Aceitável	Mal	Bom	Bom	Excelente
Reduzir ao mínimo a entrada de água no aterro	Mal	Aceitável Bom	Mal			Excelente
Melhorar a superfície de	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente

acabamento e a dispersão de papéis						
Suportar crescimento da vegetação	Mal	Bom	Mal Aceitável	Excelente	Bom Excelente	Aceitável Bom
Permitir ventilação de gases	Excelente	Mal	Bom	Mal	Mal	Mal
Reduzir ao mínimo a saída de água através de material de cobertura	Mal	Aceitável	Mal	Bom Excelente	Bom Excelente	Excelente

FONTE: (MONTEIRO, 2001).

4.7.3 CONTROLE TÉCNICO E DE OPERAÇÃO EM ATERROS

Seu objetivo é controlar a execução técnica das operações que se realizam no aterro, tais como: construção de células, compactação, cobertura final e o controle estatístico e administrativo, dos resíduos que entram no aterro, identificando o tipo de lixo, peso e procedência, além da tipologia do veículo, hora de entrada do mesmo e outros aspectos referentes às atividades do pessoal de manutenção (MONTEIRO, 2001).

Para facilitar o desenho de um sistema de controle administrativo do aterro sanitário, segundo MONTEIRO (2001), deve-se se utilizar uma série de formulários como mostrado a seguir:

- Registro semanal de mão de obra (Ex: identificação do empregado e tarefa).

- Informe diário sobre atividades de disposição final (Ex: identificação do caminhão, hora da pesagem, origem do lixo, nº da rota de coleta, volume ou peso de entrada, peso de saída, quantidade recebida de lixo e material de cobertura).
- Informe diário sobre atividades de coleta (Ex: caminhão, guarnição, tempo líquido, Km líquidos, combustível, etc.).
- Registro de reparos e manutenção (Ex: tipo de serviço ou reparo, horas parado, mão-de-obra, descrição das peças, custo da mão de obra, custo das peças, despesas totais).
- Inventário de equipamentos e instalações (Ex: tipo, nº de identificação, capacidade m³, fabricante, data de compra, preço da compra, etc).
- Resumo de operações (Ex: tonelage total, custo total, custo total por tonelada, quantidade de acidentes, etc).
- Resumo do custo total e receitas (Ex: toneladas de lixo coletadas e aterradas, custo total financeiro e de propriedade, custo total, etc).

4.8 MONITORAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO.

O monitoramento do Aterro Sanitário deve ser realizado em toda as fases do projeto, implantação e operação, assim como após o encerramento da vida útil do aterro sanitário.

De acordo com Lanza, Carvalho & Alvin (2005) na avaliação da eficiência do aterro quanto à sua operação e ao controle ambiental, devem ser previstos, no mínimo:

- o controle das águas superficiais da área, por meio da coleta de amostras em pontos a montante e a jusante do local onde é lançado o efluente;
- o controle das águas subterrâneas, por meio da coleta de amostras nos poços de monitoramento instalados a montante e a jusante do aterro sanitário;
- o monitoramento da qualidade do chorume e do efluente tratado;
- a caracterização dos resíduos da massa aterrada;
- o monitoramento geotécnico do maciço do aterro;
- o controle da saúde do pessoal envolvido na operação do aterro.

4.9 LÍQUIDOS PERCOLADOS GERADOS NO ATERRO SANITÁRIO.

4.9.1 FORMAÇÃO.

O líquido percolado gerado pela lixiviação do maciço do aterro sanitário, também conhecido vulgarmente como chorume. A NBR 10004 define chorume como sendo, um líquido produzido pela decomposição de substâncias contidas nos resíduos, que tem como característica a cor escura, o mau cheiro, e a elevada DBO (demanda bioquímica de oxigênio).

Segundo SISINNO (1995) apud SISSINO (2000), descreve-se o processo básico de formação do chorume nas áreas de despejos de resíduos sólidos, basicamente, da seguinte forma: ao percolar através dos resíduos, a água dissolve componentes orgânicos e inorgânicos e produtos em decomposição, formando um líquido altamente poluente e de complexa composição, denominado vulgarmente como chorume.

4.9.2 CARACTERÍSTICAS DO CHORUME.

O processo de decomposição do lixo em aterros dá-se em três fases: a primeira denomina-se aeróbia. Em seguida, vem a fase acetogênica e, por, último, a fase metanogênica (LO, 1996 apud IPT, 2000). Durante essas fases, a suscetibilidade ao carregamento ou arraste de substâncias químicas pelo líquido que escoar se modifica drasticamente. Ou seja, as reações bioquímicas que ocorrem no interior da massa de lixo em decomposição modificam as substâncias, tornando-as mais ou menos suscetíveis ao arraste pelo líquido que percola pelo resíduo. Dessa forma, a composição do chorume se altera, dependendo bastante da fase em que se encontra o processo (D'ALMEIDA & VILHENA, 2000).

A decomposição aeróbia é relativamente curta. Em média tem a duração de aproximadamente um mês, consumindo rapidamente a limitada quantidade de oxigênio. A elevação da temperatura pode ocasionar, também, a formação de sais contendo metais, pois muitos íons são solúveis em águas em temperaturas elevadas. O chumbo (Pb^{2+}), por exemplo, é solúvel em água quente na forma de cloretos, ao contrário da prata (Ag^+) e do mercúrio (Hg^+) (D'ALMEIDA & VILHENA, 2000).

Na fase acetogênica, que pode durar alguns anos, são produzidos grandes quantidades de ácidos, decorrentes de compostos orgânicos simples de alta solubilidade. Esses ácidos misturam-se com os líquidos que percolam no aterro, fazendo com que seu pH caia para valores entre 4 e 6. O caráter ácido dessa mistura ajuda na solubilização de materiais inorgânicos, podendo apresentar altas concentrações de ferro, manganês, zinco, cálcio e magnésio. O chorume nessa fase também apresenta alta concentração de DBO tendo valores superiores a 10g/L. (D'ALMEIDA & VILHENA, 2000).

Na fase metanogênica, os compostos orgânicos começam a ser consumidos por bactérias estritamente anaeróbias. Essas bactérias desenvolvem-se em valores de pH próximos ao neutro ($\text{pH} = 7$), enquanto o consumo dos ácidos voláteis faz o pH subir, a DBO do chorume, por sua vez começa a baixar, com valores próximos a 18 mg/L podendo ter uma variação de 20 mg/L – 550 mg/L (D'ALMEIDA & VILHENA, 2000).

Com relação às substâncias tóxicas encontradas no chorume, segundo Chilton & Chilton (1992) apud Sisino (2000) estudos da *United States Environmental Protection Agency (USEPA)* em amostras de chorume de lixo urbano relacionaram mais de cem substâncias consideradas perigosas a saúde humana, dentre as quais foram citadas: arsênio, antimônio, tetracloreto de carbono, chumbo, clorofórmio, cádmio, mercúrio etc.

Tabela 3 – Faixas de concentração de alguns metais no chorume.

Elemento	Concentração (mg/L)
Cádmio	0,007 – 0,15
Chumbo	0,005 – 1,60
Cobalto	0,004 – 0,13
Cobre	0,003 – 2,80
Cromo	0,0005 – 1,90
Ferro	0,22 – 2820,00
Manganês	0,003 – 79,00
Mercúrio	0,0001 – 0,001
Níquel	0,02 – 2,20
Zinco	0,03 – 350,00

FONTE: Chilton & Chilton (1992) apud SISINNO (2000).

4.10 ECOTOXICIDADE – UMA FERRAMENTA DE ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL DOS EFLUENTES GERADOS NOS ATERROS SANITÁRIOS.

Em consequência da imensa quantidade de compostos químicos inorgânicos que podem ser encontrados no lixiviado do aterro, a análise ecotoxicológica tem a finalidade de informar o perigo das substâncias químicas presente no efluente ao entrar em contato com o ecossistema, incorporando-se na cadeia alimentar podendo chegar até o homem.

Os testes de ecotoxicidade permitem, geralmente, uma avaliação bastante segura do potencial tóxico de substâncias ou de meios contaminados, permitindo também deduções indiretas dos riscos para o meio ambiente e, com muita cautela, do seu perigo para o homem (KNIE & LOPES, 2004).

ZAGATTO P. A. (2000), apud SILVA A. C. (2002), nos fala que, a contaminação química, indubitavelmente, tem merecido maior atenção em nossa sociedade, devido ao aumento, quase exponencial, do número de substâncias sintetizadas pelo homem no último século. Para que se tenha uma idéia, das 6 milhões de substâncias conhecidas, 63 mil são de uso cotidiano, e ainda é importante citar que apenas 2 mil foram bem estudadas do ponto de vista ecotoxicológico. Tomando como base 118 agentes químicos, 103 orgânicos e 15 inorgânicos, considerados mundialmente como prioritários para efeito de controle, verifica-se que a maioria deles é persistente e acumulativa no meio aquático, sendo

assim pode-se constatar que a biota aquática pode estar sujeita aos efeitos dessas substâncias por prolongados períodos de tempo em diferentes locais.

De acordo com a finalidade de utilização, os sistemas biológicos devem ter uma sensibilidade equilibrada a um largo espectro de substâncias, que lhes permita reagir seguramente só a efeitos tóxicos reais. Organismos hipersensíveis podem provocar resultados falsos-positivos, causados por fenômenos marginais, não relevantes à toxicidade de uma amostra, tais como mudanças de temperatura. Organismos que eventualmente possuam fortes mecanismos fisiológicos de defesa também são inadequados (KNIE & LOPES, 2004).

4.10.1 TOXIDADE AGUDA.

A toxicidade aguda corresponde a um efeito-resposta imediato, geralmente irreparáveis dos organismos em um curto espaço de tempo, em geral de 0 à 48 horas.

4.10.2 TOXIDADE CRÔNICA

Em testes crônicos os danos se mostram após um maior espaço de tempo, geralmente entre 78h até 240h. Podendo apresentar resultados após várias gerações.

Deve-se realizar teste de toxicidade crônico quando os testes de toxicidade aguda não forem suficientes para identificar os efeitos tóxicos desejados.

4.10.3 USO DA DAPHNIA MAGNA COMO INDICADOR PARA TESTES DE ECOTOXIDADE.

Os ensaios ecotoxicológicos utilizando a *Daphnia magna* como bioindicador tem como finalidade avaliar com maior precisão os impactos causados por efeitos tóxicos no meio ambiente. A utilização de organismos vivos como indicadores biológicos da qualidade ambiental oferece um método de diagnóstico simples, porém eficiente. No âmbito dos recursos hídricos, a exposição destes bioindicadores a efluentes dirigidos a corpos d'água permite avaliar o grau de toxicidade crônica e aguda dos mesmos e, portanto, avaliar o impacto ambiental imediato ou em um longo período de tempo. Os mesmos bioindicadores podem ser utilizados em ensaios crônicos, que monitoram alterações mais sutis e a longo prazo nos próprios ecossistemas aquáticos.

A figura 5 nos mostra o microcrustáceo *Daphnia magna*, utilizado como bioindicador para testes ecotoxicológicos.

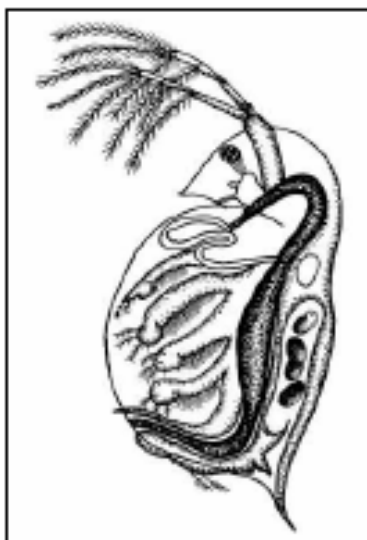


FIGURA 5 – Bioindicador *Daphnia magna*. Fonte: Brentano e Lobo (2003) apud, Flohr, Brentano, Carvalho-Pinto, Machado, Matias, 2005.

4.11 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO SANITÁRIO (CETESB).

O índice de qualidade de aterro de resíduos (IQR) é o método utilizado pela CETSB para a avaliação dos locais de destinação final de resíduos sólidos, na

elaboração do inventário estadual de resíduos sólidos do estado de São Paulo. O inventário relata as condições de operação de todas instalações de tratamento e destinação de resíduos sólidos domiciliares do estado de São Paulo. As instalações são periodicamente inspecionadas pelos técnicos das Agências ambientais da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2006).

O relatório, atualizado anualmente, fornece informações sobre cada uma das instalações ou locais que recebem o lixo coletado pelas prefeituras dos 645 municípios paulistas. Os dados obtidos nas inspeções realizadas pelos técnicos da CETESB abrangem as características locais, a infra-estrutura implantada e as condições operacionais dos sistemas de disposição e tratamento expressas por índices, variando de 0 a 10, divididos em três faixas de enquadramento – inadequada, controlada e adequada. Esses índices permitem um fácil e pronto entendimento da situação qualitativa, por quem estiver pesquisando um determinado local, seja um aterro sanitário, uma disposição em valas ou usina de compostagem (CETESB, 2006).

5. METODOLOGIA.

O estudo realizado constitui um trabalho de conclusão de curso de caráter científico, com o objetivo de avaliar e monitorar o processo de operação no tratamento final de resíduos sólidos urbanos e industriais no aterro sanitário da SANTEC localizado em Içara – SC.



FIGURA 6 – Localização do Aterro Sanitário estudado no trabalho
(Fonte: SANTEC, 2005).

5.1 ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS – IQR.

A avaliação e identificação dos aspectos referentes à disposição de resíduos sólidos em aterros, contidas no índice de qualidade de aterro de resíduos (IQR), foi realizado com visitas de campo, através do acompanhamento de projeto de disposição de resíduos sólidos domiciliares e industriais em aterro sanitário em

operação. Esse acompanhamento permitirá analisar, do ponto de vista construtivo e operacional, os elementos do projeto, como: vias de acesso; estruturas de controle (cerca, portaria, balança, escritório, administração, refeitório, redes de água esgoto elétrica e telefônica); sistema de drenagem; dreno de gases; dreno de águas pluviais; dreno de percolado; sistema de impermeabilização; sistema de tratamento do percolado; sistema de vigilância.

Com a utilização do Índice de qualidade de aterro de resíduos (IQR), de forma abrangente e fundamentado, levando em consideração todos os aspectos relevantes da atividade de disposição de resíduos sólidos, permite efetuar em balanço confiável das condições ambientais, além de possibilitar a comparação com as condições de instalações de outros aterros de resíduos.

As informações coletadas e processadas para elaboração do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR) é constituído de 3 capítulos relativos, respectivamente às características locais, estruturais e operacionais das instalações de tratamento e/ou disposição de resíduos sólidos. As informações reunidas e analisadas permitem apurar o Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos, cuja pontuação varia de 0 a 10 (CETESB, 2006).

De acordo com o método de avaliação da CETESB (IQR), para enquadrar o aterro, nas condições em que o mesmo se encontra, o método abrange somar os pontos dados no Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos e dividir por treze.

Em função do índice IQR apurado, a instalação é enquadrada como inadequada, controlada e adequada, conforme mostra a tabela 4.

TABELA 4 – Enquadramento das instalações de tratamento e/ou destinação final de resíduos sólidos em função do IQR (Fonte: CETESB 2006).

IQR	ENQUADRAMENTO
$0,0 \leq \text{IQR} \leq 6,0$	Condições Inadequada (I)
$6,1 < \text{IQR} \leq 8,0$	Condições Controladas (C)
$8,1 < \text{IQR} \leq 10,0$	Condições Adequadas (A)

Verifica-se, assim, que o IQR deve ser utilizado como instrumento de acompanhamento das condições ambientais e sanitárias dos locais de tratamento e disposição de resíduos sólidos.

5.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E DE ECOTOXIDADE DO EFLUENTE LÍQUIDO BRUTO DO ATERRO SANITÁRIO.

5.2.1 pH.

As determinações de pH das amostras foram realizadas em um medidor de pH (QUIMIS Q-400A) pelo método potenciométrico, calibrado com solução tampão de pH 6,98 e pH 4,10.

5.2.2 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO – DBO

No preparo das amostras, pela sua característica de conter um elevado teor de matéria orgânica, foram feitas diluições para a sua análise. Foram retirados 0,5 mL das amostras e diluídas com água de diluição, a seguir as mesmas foram incubadas por 5 dias a 21°C. Após permanecer 5 dias na incubadora as amostras foram tituladas para determinação do oxigênio dissolvido restante, em outro frasco o teor de oxigênio foi titulado imediatamente água de diluição.

5.2.2.1 Oxigênio Dissolvido para determinação de DBO

1. Em um frasco de DBO (300 mL), foi adicionado 1 mL de R₁ (Sulfato Manganoso) e 1 mL de R₂ (Álcali-Iodeto-Azida). Em seguida o frasco foi agitado e após permaneceu em repouso por 10 minutos para a precipitação do oxigênio.
2. Após permanecer 10 minutos em repouso foi adicionada a solução da amostra 1 mL de ácido sulfúrico concentrado. O frasco foi novamente agitado até diluir todo o precipitado.
3. Foi retirado 200 mL da solução para titular com tiossulfato de sódio. Para facilitar na titulação a medida em que a cor amarelada começava a desaparecer, foram adicionadas algumas gotas de solução de amido dando a solução uma cor azulada.
4. A solução foi titulada até desaparecer a coloração azul, e o volume de tiossulfato de sódio consumido e a concentração do mesmo foram utilizados para a determinação da DBO₅.

5.2.3 TESTES TOXICOLÓGICOS

Os testes toxicológicos realizados neste trabalho foram realizados no laboratório de Ecotoxicologia Aplicada da UNESC. Para esses testes foi utilizado como bioindicador neonatos do microcrustáceo *Daphnia magna*, por ser o mesmo requerido pela Portaria Estadual 017/02 (Anexo) para o monitoramento da toxicidade de efluentes.

O cultivo dos microorganismos foi realizado conforme a norma ABNT – NBR 12713/2002.

5.2.4 AMOSTRAGEM

As amostras de chorume foram coletadas nos tanques de inspeção e armazenamento provisórios das células de disposição de resíduos domiciliar e industrial do Aterro Sanitário da SANTEC no município de Içara – SC. Foram também coletadas amostras da água subterrânea nas camadas abaixo dos tanques das células domiciliar e industrial.

A figura 7 mostra os tanques da célula de disposição de resíduos domiciliares (1) e os tanques da célula de disposição de resíduos industriais (2).



FIGURA 7 – Ponto de coleta da água subterrânea (dreno em primeiro plano) e do chorume (tanques em segundo e terceiro plano) (MANGILI, 2006).

As amostras foram coletadas após um período de chuva com garrafas plásticas de 500mL e armazenadas sob refrigeração a 2°C até 20 dias.

5.2.4.1 Testes de Sensibilidade

Para avaliação dos lotes de *Daphnia magna* foi realizado o teste de sensibilidade utilizando o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$). Foram utilizados cinco concentrações diferentes (0,6; 1,0; 1,3; 1,6; e 2,0 mg/L), completando com o controle do meio de diluição. Realizou-se o teste com cinco indivíduos neonatos (2 a 26 horas) em cada frasco de polietileno, por um período de 24 horas.

5.2.4.2 Teste Agudo

Nos testes de toxicidade aguda foram utilizados frasco de polietileno de 30 mL, contendo a amostra do chorume com fator de diluição (FD) 1, 2, 4, 8, 16, 32 e 64, e o controle com água de diluição. Os ensaios consistiram da exposição de indivíduos neonatos do gênero *Daphnia magna* às amostras, foi realizado a leitura durante um período de 24 e 48 horas, observando a percentual de mortalidade que os microorganismos apresentaram caracterizada pela sua imobilidade.

5.2.5 METAIS PESADOS

As análises de metais pesados das amostras foi realizado no Laboratório de Análises de Águas do Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas – IPAT / UNESC, durante o período de 12 de maio a 19 de maio.

6. ESTUDO DE CASO E DESCRIÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO DA SANTEC NO MUNICÍPIO DE IÇARA - SC.

O Aterro Sanitário em estudo é empreendido pela empresa SANTECH Saneamento & Tecnologia Ambiental Ltda, uma empresa privada atuante na área ambiental no gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e industriais e sua disposição final, prestando serviços junto às indústrias e prefeituras municipais. O aterro sanitário procurou buscar soluções para o problema da disposição final dos resíduos sólidos urbanos e industriais, gerados na região sul do Estado de Santa Catarina.

A política da empresa tem em sua missão:

Disponibilizar soluções para a destinação do lixo gerado pelos municípios, comércio e indústrias, auxiliando na preservação do meio ambiente utilizando tecnologia no gerenciamento, tratamento e disposição final de resíduos sólidos, desta forma contribuindo para melhorar a qualidade de vida das gerações atuais e futura (SANTEC, 2006).

De acordo com a Licença de Operação - LAO nº 406-05/CRS emitida através da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FATMA) o Aterro Sanitário da Içara está habilitado a receber e efetuar a disposição final de resíduos sólidos de Classe IIA e IIB. Sendo, expressamente proibido o recebimento e disposição final de resíduos sólidos Classe I classificados como perigosos.

A SANTEC Saneamento & Tecnologia Ambiental Ltda, de acordo com o seu Estudo de Impacto Ambiental (EIA), durante a operação do aterro sanitário no município de Içara, propõe realizar os seguintes Programas Ambientais:

- Centro de Educação Ambiental - Desenvolvimento de atividades interativas com a comunidade local, estudantes, clientes e visitantes;
- Preferência quando ao recrutamento e seleção dos recursos humanos para profissionais que habitam nos Bairros mais próximos;
- Estabelecimento de convênios com a UNISUL - Universidade do Sul de Santa Catarina, UNESC - Universidade do Extremo Sul Catarinense e SATC – Escola Técnica de Nível Médio e Superior para desenvolvimento de pesquisas ambientais e estágios curriculares.
- Recuperação da área do antigo “Lixão” na localidade do Poço 8;
- Incentivos e qualificação profissional dos catadores de materiais recicláveis do lixão de Içara;
- Instalação de um horto florestal destinada à reabilitação de áreas de preservação degradadas.

6.1 LOCALIZAÇÃO.

O aterro sanitário da SANTEC Saneamento & Tecnologia Ambiental está localizado no Km 389 da BR 101 no município de Içara - SC, inserido entre as coordenadas UTM 662.000 e 664.000 leste e entre 6.813.000 e 6.815.000 norte, localizada as margens da rodovia federal BR 101, no bairro denominado Poço 8,

entre os trevos da Vila Nova que dá acesso aos municípios de Içara e Criciúma e o da Quarta Linha acesso sul ao município de Criciúma.

6.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área do aterro sanitário possui uma superfície de 58,12 ha, sendo que a área efetivamente destinada à construção do Aterro Sanitário é de aproximadamente 16 ha. Ao sentido Nordeste fica a BR 101, onde existe uma via de acesso dentro da gleba, ao Leste e Sudeste a área faz divisa com áreas de cultivo de fumo e arroz respectivamente e ao Norte, faz divisa com área de cultivo de fumo, enquanto para Oeste sua divisa se dá junto a uma plantação de eucalipto.

No interior da área do empreendimento, encontram-se aproximadamente 14,4 ha de vegetação nativa primária e secundária. Segundo o Estudo de Impacto Ambiental do aterro da SANTEC, algumas destas áreas florestadas, encontram-se degradadas pela ação antrópica, além da ação permanente do gado bovino criado na gleba. Entretanto, o estudo ressalta que sobre essas áreas não haverá qualquer tipo de intervenção.

Na figura 8 apresenta uma fotografia aérea da área do empreendimento em fase de instalação:



FIGURA 8 – Fotografia aérea da área do Aterro Sanitário (Fonte: SANTEC, 2006).

A área caracteriza-se topograficamente por um encosta que nasce às margens na altura do km 389 da BR 101, com cota de 66 metros, estendendo-se para o Sudeste até a cota de 5 metros, apresentando, portanto, um desnível entre, os seus pontos extremos de cerca de 60 m. A área de implantação do aterro propriamente dita, tem um desnível de 3 m, entre a cota mais alta com 7 m e a mais baixa com 4 m, o que a caracteriza como de declividade muito suave. Apenas na parte mais alta do terreno, próximo a via de acesso, se verifica um afloramento localizado e restrito do manancial subterrâneo (CEPOLLINA, 2004).

As medidas do nível das águas subterrâneas na área do aterro estão situadas a partir de 0,70 m a 1,70 m abaixo do nível do solo, como é mostrado nas sondagens realizadas pelo estudo de impacto ambiental, enquanto para instalação de aterros sanitários é recomendado em áreas com lençol freático com profundidade maior de 1,50 m. Em função desses dados, o projeto de implantação do aterro procurou reforçar a necessidade de uma proteção eficiente e segura do aquífero.

A área de implantação do aterro sanitário é drenada por 2 córregos, sem denominação que nascem ao norte da área do empreendimento e fluem para o Rio dos Porcos, pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Araranguá. O substrato está representado por rochas sedimentares da bacia do Paraná, mas particularmente, sedimentos da formação Palermo do grupo Guatá recoberto ao longo das raízes por sedimentos de origem continental (CEPPOLINA, 2004).

De acordo com os resultados obtidos pela empresa Ecodinâmica (2004), encontrou-se na área do empreendimento, solos com consistência média a rija a 1,0m de profundidade, rija a média até os 3,0 m, rija a muito rija entre 3,0 e 4,0 m, e, muito rija a dura a partir dos 5,0 m, com exceção do SPT 05, que encontrou consistência dura e impenetrável já aos 3,75 m de profundidade. Segundo o estudo de impacto ambiental, essas características indicam uma condição adequada em termos de condições de sustentação de fundação.

Os ensaios geotécnicos de laboratório, realizados com o solo da área do aterro sanitário demonstraram que esse material apresenta-se de baixa permeabilidade, como mostrado na tabela 5.

TABELA 5 – Característica do solo do aterro sanitário do município de Içara – SC.

PARÂMETROS	RESULTADOS
Coeficiente de Permeabilidade (K):	2,0 a 2,4x 10 ⁻⁸ cm/s
Índice de Plasticidade (IP):	11 a 18%
Liquidez:	32 a 43%

FONTE: (CEPOLLINA, 2006).

6.3 CÉLULAS DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS.

O Aterro Sanitário estudado dispõe de dois tipos de células para disposição dos resíduos sólidos, uma destinada aos resíduos sólidos urbanos (RSU) e outra aos resíduos sólidos industriais. Os dois tipos de células são diferenciados pelos sistemas de captação de líquidos percolados (chorume), sendo que a célula destinada para disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) o espaçamento dos drenos secundários encontra-se com menor distância entre eles. Essa diferença se faz em função de que os resíduos sólidos industriais depositados no aterro apresentam uma composição mais sólida e seca gerando menos gases e efluentes.

O resíduo domiciliar está sendo depositado na célula (trincheira) nº 7 e os resíduos industriais estão sendo depositados na célula nº 1.

A figura 9 mostra a planta baixa das células de disposição do aterro:

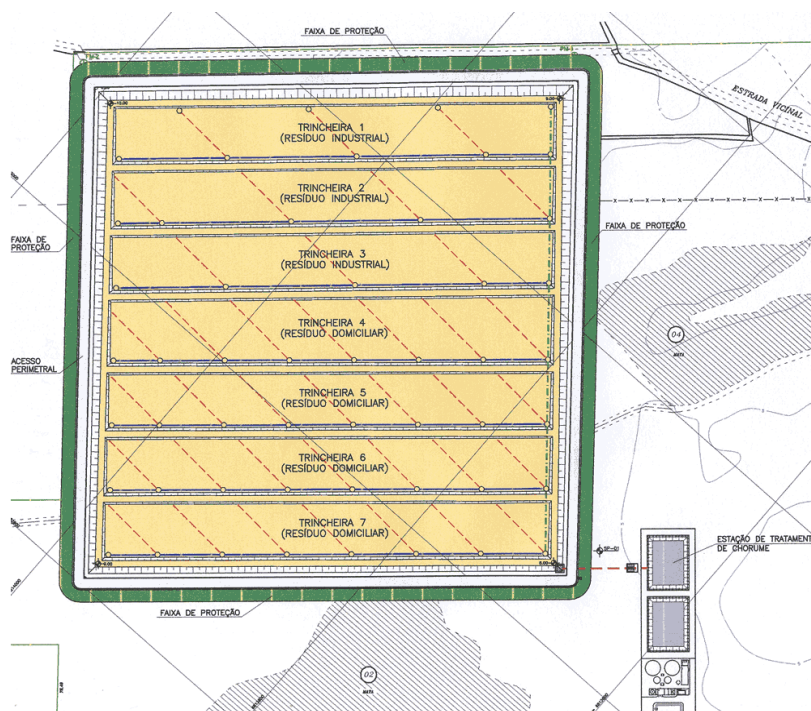


FIGURA 9 - Planta baixa da área do aterro mostrando as células de disposição (Fonte: SANTEC, 2006).

As células 1 e 7 são as únicas que foram construídas até a conclusão desse trabalho, e ambas apresentam 369 metros de comprimento por 367 metros de largura elevando a uma altura de 6 metros.

6.4 DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO ATERRO SANITÁRIO DA SANTEC.

O aterro sanitário do município de Içara obtém licença para operar recebendo até 500 toneladas de resíduos por dia, e tem recebido entre o mês de Setembro/2005 e Março/2006 em média de 1.813,3 ton/mês de resíduos domiciliares e 581,9 ton/mês de resíduos industriais. Durante a sua operação o aterro irá dispor de uma vida útil de 30 anos.

A tabela 6 mostra a massa de resíduo recebido entre Set 2005 e Mar 2006 pelo aterro sanitário e industrial da SANTEC em toneladas.

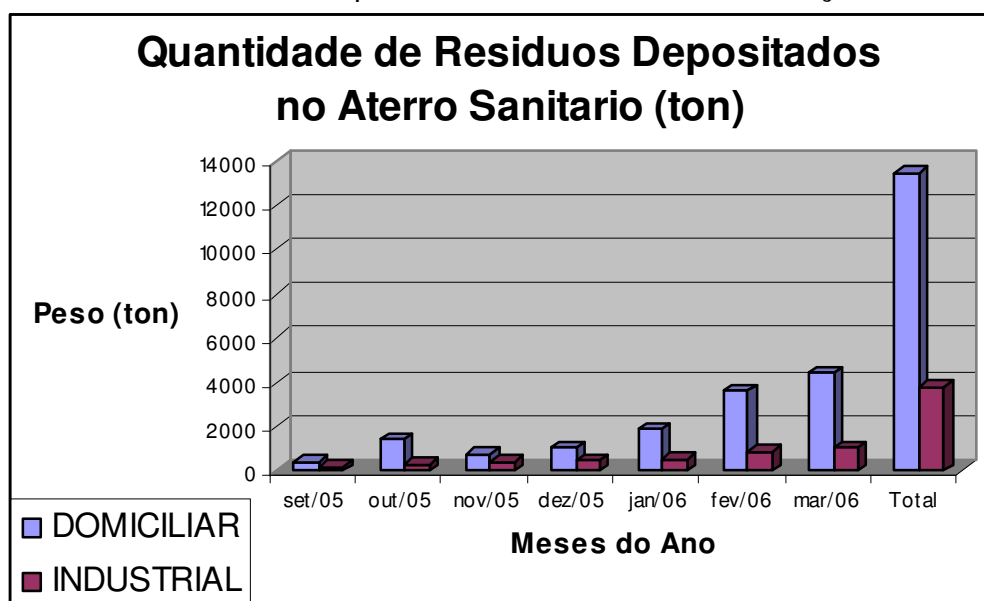
TABELA 6: Massa de resíduos recebidos pela SANTEC (Set 2005 – Mar 2006)
QUANTIDADE DE RESÍDUOS DEPOSITADOS NO ATERRO (ton)

	set/05	out/05	nov/05	dez/05
DOMICILIAR	377	1.393	739	1.067
INDUSTRIAL	154	294	419	458
	jan/06	fev/06	mar/06	Total
DOMICILIAR	1.857	3.617	4.424	13.476
INDUSTRIAL	518	859	1.065	3.770

Fonte: FATMA - Relatórios Periódicos Mensais da SANTEC - Saneamento & Tecnologia Ambiental Ltda.

Na figura 10 representa graficamente a quantidade de resíduos domiciliar e industrial depositados no aterro sanitário entre o período de setembro de 2005 a maio de 2006.

Figura 10: Quantidade de resíduos sólidos domiciliares e industriais depositados no aterro sanitário entre o período de setembro 2005 a Março de 2006.



Fonte: FATMA - Relatórios Periódicos Mensais da SANTEC - Saneamento & Tecnologia Ambiental Ltda.

Os resíduos industriais vem sendo depositados no aterro sanitário, com muito menor intensidade e quantidade em relação ao resíduo domiciliar. Esses são originados em atividades e processos de diversas atividades das indústrias químicas, fundição, siderúrgicas, alimentícias, metalúrgicas, de embalagens, lavanderia, têxtil, plásticos, cerâmicas, mineração e etc. Esses resíduos são bastante variados compostos por: lodos de efluente, areia de fundição, rejeito de solas de calçados, restos de animais, lixo de interior de fábrica e etc...

Na figura 11, o gráfico mostra a percentagem de resíduos depositados na célula industrial.

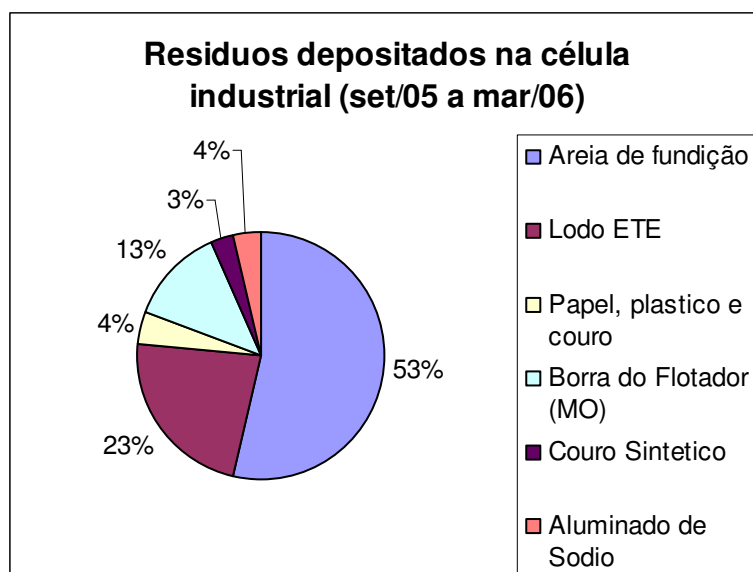


FIGURA 11 – Cálculo em porcentagem dos resíduos depositados na célula industrial.

Os resíduos domiciliares, depositados no aterro sanitário são constituídos basicamente por restos de alimentos, jornais e revistas, garrafas plásticas, produtos deteriorados, embalagens em geral, papel higiênico, e uma infinidade de outros materiais. Também podem ser encontrados pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes e frascos de aerossóis que representam um grande risco ao homem e ao meio ambiente pelo serem potencialmente tóxicos.

Abaixo estão listados, os municípios atendidos e a quantidade de resíduos que são depositados atualmente no aterro sanitários da SANTEC:

TABELA 7 – Lista dos municípios que depositam seu lixo no aterro sanitário.

MUNICIPIOS ATENDIDOS	PESO LÍQ. MÊS (kg)	MÉDIA DIÁRIA (kg)
Araranguá	166.780,00	6.671,20
Meleiro	30.200,00	1.208
Nova Veneza	81.810,00	3.272,40
Ermo	10.590,00	423,6
Praia Grande	12.600,00	504
Içara	643.520,00	25.740,80
Morro Grande	5.470,00	218,8
Balneário Gaivota	94.560,00	3.782,40
Jacinto Machado	72.660,00	2.906,40
São João do Sul	35.800,00	1.432
Turvo	109.600,00	4.384
Santa Rosa do Sul	44.710,00	1.788,40
Maracajá	32.910,00	1.316,40
Passo de Torres	37.870,00	1.514,80
Criciúma	2.818.480,00	112.739,20
Forquilha	202.290,00	8.091,60
Arroio do Silva	24.680,00	987,2
TOTAL (kg)	4.424.530,00	176.981,20
TOTAL (Tonelada)	4.424,53	176,98

Fonte: FATMA - Relatório Periódico Mensal da SANTEC - Saneamento & Tecnologia Ambiental Ltda, referente ao mês de março de 2006.

6.5 SISTEMAS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO.

Os sistemas de controle e de proteção ambiental que estão vinculados ao desenvolvimento da alternativa tecnológica do aterro sanitário, e que foram incorporados à concepção do projeto do empreendimento são os seguintes:

- ✓ Sistema de drenagem sub-superficial do lençol freático;
- ✓ Camada de impermeabilização de base;
- ✓ Sistema de drenagem de líquidos percolados;
- ✓ Sistema de drenagem de gases;
- ✓ Sistema de drenagem de águas pluviais;
- ✓ Tratamento de líquidos percolados;
- ✓ Acessos;
- ✓ Fechamento da gleba e vigilância;
- ✓ Manutenção da limpeza das vias de acesso internas;

6.5.1 SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO.

Para construção das células de disposição de resíduos a base do Aterro Sanitário foi impermeabilizada através de camadas de impermeabilização, essa etapa é fundamental para controlar a poluição nas camadas de solo abaixo do aterro e a poluição suas águas subterrâneas. Seguindo a NRB 8419/84 coeficiente de permeabilidade (k) usado para a impermeabilização do solo aterro sanitário foi 10^{-7} cm/seg. Para garantir a impermeabilização da base do aterro foi instalada uma

camada de manta de PEAD (Polietileno de Alta Densidade) medindo 2mm de espessura.¹

As mantas são devidamente ancoradas no topo dos diques perimetrais, em aterro compactado, resguardados os comprimentos necessários para a solda de continuidade da impermeabilização na implantação de novas células do aterro.



FIGURA 12 – Instalação manta de PEAD para a impermeabilização da base do aterro (Fonte: SANTEC, 2005).

A figura 13 mostra as camadas de impermeabilização utilizadas pelo empreendimento, assegurando o isolamento dos Resíduos Sólidos no Meio Ambiente.

¹ PEAD - polietileno de alta densidade (PEAD) é um termoplástico derivado do eteno, cuja maior aplicação encontra-se nas embalagens conhecidas como PET.

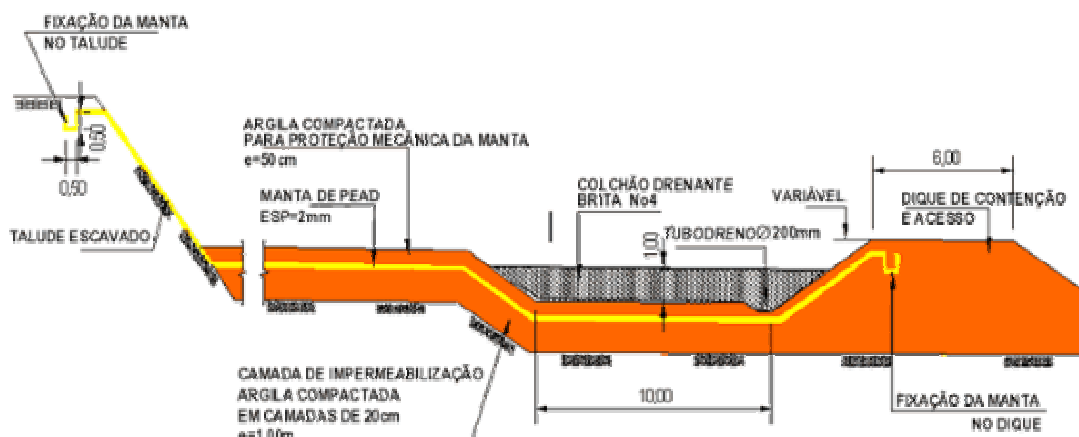


FIGURA 13 – Corte Esquemático das camadas de impermeabilização do solo (Fonte: SANTEC, 2004).

6.5.2 SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS SUBTERRÂNEA

A instalação da drenagem de águas subterrâneas visa resguardar o lençol freático, mantendo a qualidade das águas subterrâneas, considerando a implantação da compactação da base do aterro e da impermeabilização em toda a projeção da área de disposição de resíduos.

A adoção dessa drenagem impedirá o desenvolvimento de sub-pressões de água sob o maciço de resíduos, especificamente sob o citado sistema de impermeabilização e, complementarmente, não permitindo a ocorrência de erosões internas com a remoção progressiva da fração fina do solo, que poderia implicar no colapso da fundação (CEPPOLINA, 2004).

A figura 14 mostra a etapa de implantação do aterro sanitário, e podemos observar a construção dos drenos de drenagem de água subterrânea.



FIGURA 14 – Instalação dos drenos capa captação das águas subterrâneas (Fonte: SANTEC, 2005).

6.5.3 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS.

As águas superficiais decorrentes da chuva provocam os principais problemas na operação do Aterro Sanitário, além de provocar alagamentos nas vias de acessos, retardam o processo de degradação da matéria orgânica presente no lixo e geram um aumento do volume do chorume gerado contribuindo para a instabilidade do maciço.

O sistema de drenagem de águas pluviais é constituído por um conjunto que terá caráter permanente e outro provisório, ou seja, ele é alterado à medida que do desenvolvimento do aterro.

No talude do aterro são implantadas descidas hidráulicas em colchão dreno transversalmente às células do aterro de resíduos, com a finalidade de garantir o escoamento superficial das águas pluviais encaminhadas pelas canaletas escavadas no “pé” do talude.

A figura 15 mostra as canaletas de captação do escoamento superficial, evitando o acúmulo da água da chuva que desse pelo talude do aterro e se deposita à beira das vias de acesso.



FIGURA 15 - Drenagem de águas pluviais (Fonte: MANGILI, 2006).

Em períodos de muita chuva, as águas que ficam retidas pela camada impermeabilizada da base do aterro, são retiradas com o auxílio de bombas hidráulicas e jogadas para fora das células, mantendo assim em boas condições as vias de acesso internas do aterro para realizar a descarga de resíduos na frente de trabalho das células de disposição.

6.5.4 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE DRENAGEM DE LÍQUIDOS PERCOLADOS NO ATERRO.

O sistema de captação dos líquidos percolados do aterro foi realizado pelo método “espinha de peixe”. Este compreende em coletar o efluente através de drenos separando-o da massa de resíduo sólido, transportando para fora das células as caixas nos tanques recepção e posteriormente para os tanques de armazenamento ou para a Estação de Tratamento de Efluentes (CEPPOLINA, 2004).

O coletor principal segue a declividade imposta pelo aterro de base. Esse coletor central recebe outros drenos secundários que se interligam a esse principal em ângulos de 45° e a uma distância de 46 metros. Esses drenos têm uma declividade mínima de 1% conforme mostrado no projeto do aterro.

Toda a célula de disposição de resíduos sólidos urbanos (RSU) é composta por um dreno principal, e sete drenos secundários separados pela distância de 46m entre eles. Diferente das células de disposição de resíduos industriais que é composto de um dreno principal e 4 ou 3 drenos secundários.



FIGURA 16 - Impermeabilização do aterro (Fonte: SANTEC, 2005).

O sistema de drenagem visa ainda impedir complementarmente que o chorume atinja o lençol freático e possibilite o seu rápido encaminhamento para tratamento.

Para a coleta e posteriormente tratamento dos líquidos percolados gerados no aterro, o empreendimento dispõe de tanques de recebimento, inspeção e armazenamento desse efluente. Estas unidades são construídas através de reservatórios de concreto armado. No tanque de recepção realiza-se a decantação e primeira regularização da vazão afluyente de chorume e, desta maneira, otimizando o plano de funcionamento do sistema de bombeamento previsto, e em seguida o chorume é transportado para os tanques de inspeção e armazenamento em função da declividade que encontrado entre os tanques.

6.5.5 SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE GASES.

O sistema de drenagem de gases do Aterro Sanitário de Içara contará com uma ampla rede de drenos horizontais a serem implantados no interior das células de resíduos, conforme essas forem sendo executadas. Esses drenos horizontais possuem dupla função, encaminhando pela mesma via o chorume e o biogás em direção aos poços drenantes verticais (CEPPOLINA, 2004).

O sistema de captação e coleta de gases ora preconizado, está associado à implantação de drenagens de fundação, poços verticais drenantes, drenos horizontais internamente às células seqüenciais, de maneira a, no sentido descendente, captar e esgotar os efluentes líquidos e, no sentido ascensional, captar e conduzir os efluentes gasosos (CEPPOLINA, 2004).

Os drenos horizontais deverão fazer a ligação entre todos os poços verticais próximos, garantindo assim a eficiência da drenagem de gases e chorume.

Os gases produzidos no aterro serão utilizados para geração de energia elétrica. Isso envolverá um investimento para instalação da usina de geração de eletricidade modular em cada local de aterro, bem como um complexo de geradores em cada local. Os geradores causarão combustão no metano do gás do aterro para produzir eletricidade e exportar para a rede. O gás do aterro em excesso e todos os gases coletados durante o período em que a eletricidade não é produzida são queimados.

6.5.6 TRATAMENTO DOS LÍQUIDOS PERCOLADOS.

O Aterro Sanitário da SANTEC em Içara não dispõe de uma Estação de Tratamento de Efluentes, por ser um empreendimento recente não gera chorume suficiente que viabilize a sua instalação, no entanto a empresa transporta seu efluente para tratamento terceirizado no aterro sanitário da Momento Engenharia Ambiental Ltda, localizado no município de Blumenau-SC.



FIGURA 17 - Tanque de recepção, inspeção e armazenamento dos líquidos percolados respectivamente em 1º, 2º e 3º plano (Fonte:MANGILI, 2006).

Os tanques de recepção, inspeção e armazenamento são construídos com blocos de concreto permeável, a contenção do chorume no tanque, para que não entre em contato com o solo, é feita pelo revestimento dos tanques com manta PEAD medindo 2 mm de espessura, formando um bolsão em volta da área que se encontram os tanques.

Próximo aos tanques, localizado do lado externo do sistema de impermeabilização, se encontra um dreno enterrado vertical no solo com aproximadamente 40 cm de diâmetro, que se estende até a água subterrânea do lençol freático. Esse dreno tem a finalidade de informar à altura que se encontra a água subterrânea e monitorar o mesmo. E assim, também serviu como ponto de coleta para as análises realizada nesse trabalho, servindo para monitorar a qualidade da água subterrânea ali encontrada.

6.6 OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO.

Os procedimentos de operação do aterro sanitário, embora simples, devem ser sistematizados para que sua eficiência seja maximizada, assegurando assim seu funcionamento como destinação final sanitária e ambientalmente adequada dos Resíduos Sólidos Urbanos gerados no município (RSU) e Resíduos Sólidos Industriais (RSI), ao longo de toda a sua vida útil.

6.6.1 RECEBIMENTO DOS RESÍDUOS NO ATERRO SANITÁRIO.

O controle de entrada de resíduos industriais no Aterro, classes II (IIA) e III (IIB), objetiva garantir a SANTEC e aos órgãos fiscalizadores, FATMA e Polícia Ambiental, que o empreendimento não receberá resíduos perigosos – classe I, incluindo nestes os resíduos da área da saúde.

No recebimento dos resíduos sólidos no Aterro Sanitário, o responsável pela geração do resíduo deve emitir um laudo técnico contendo as análises realizadas na classificação do resíduo seguindo a NBR 10.004/2004. Também deve ser apresentado o manifesto de carga contendo informações sobre o tipo de resíduo, seu acondicionamento, empresa geradora, transportadora, destino.

A empresa que não possuir este Laudo técnico contendo a classificação dos resíduos, deverá contratar um laboratório idôneo e fazer a caracterização de seus resíduos. Os custos operacionais de análises laboratoriais ficam por conta da própria empresa geradora.

A entrada dos resíduos sólidos no aterro sanitário é controlada por vigias, após a entrada nas dependências da empresa o caminhão segue até a balança onde o resíduo é pesado e em seguida coletado uma amostra do material para análises laboratoriais no aterro.

Os caminhões com carga de resíduos que chegarem na área da balança de pesagem ficam estacionados em local adequado para espera junto ao acostamento lateral da balança, até que as verificações preliminares, eventual coleta de amostras para realização de ensaios comprovem a caracterização e adequação dos resíduos industriais aos parâmetros especificados no Manifesto de Carga (MC) do transportador, bem como no Laudo de Classificação dos resíduos industriais.

Na entrada os caminhões já previamente cadastrados são identificados e posteriormente é realizada uma inspeção, conforme os tipos dos resíduos sólidos os motoristas são instruídos pelo balanceiro em qual célula de disposição os mesmos devem ser depositados.

6.6.2 ANÁLISES DOS RESÍDUOS DEPOSITADOS NO ATERRO.

As análises são realizadas com o objetivo de monitorar a entrada de resíduos no aterro, em todo recebimento de resíduos industriais são realizadas a inspeção visual e medida a radiação pelo técnico da empresa.

Na primeira entrada dos resíduos industriais na empresa e após em intervalos de 10 dias são realizadas também as seguintes análises:

- Radiação;
- Reatividade em água;
- Reatividade em ácido sulfúrico;
- Reatividade em hidróxido de sódio;
- pH;
- Cor;
- Odor;
- Líquidos livres;

Em caso de persistir dúvidas sobre a caracterização dos resíduos industriais contidos na carga, serão novamente coletadas amostras e levadas ao Laboratório interno para repetição dos ensaios expeditos, com guarda de uma ou mais amostras em depósito e arquivo interno ao Laboratório, para eventual contraprova posterior.

Se os resultados dos ensaios indicarem a conformidade com o laudo de classificação dos resíduos, e, desde que sejam classe II (IIA) e III (IIB), de acordo com a LAO do Aterro, será(ão) liberado(s) o(s) caminhão(ões) para descarga.

6.6.3 PESAGEM DOS RESÍDUOS.

Os resíduos sólidos são pesados pelo balanceteiro ao ser depositado no Aterro Sanitário. A pesagem é realizada na primeira etapa com o caminhão carregado, e após a descarga dos resíduos com o caminhão vazio, resultando assim o peso total dos resíduos depositados no aterro.

6.6.4 DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS NO ATERRO SANITÁRIO.

Para disposição final dos resíduos, após a entrada e pesagem dos caminhões, os resíduos são descarregados na frente de operação da célula de disposição. Ele deve ficar o mais próximo possível do seu local de acondicionamento facilitando assim o trabalho do trator-esteira no manuseio do material. Após a descarga os resíduos sólidos na área do aterro, os mesmos são compactados e cobertos com material inerte na disposição final.



FIGURA 18 – Etapas da disposição final dos resíduos sólidos no aterro sanitário
(Fonte: MANGILI, 2006)

6.6.5 COMPACTAÇÃO DO LIXO.

A compactação do resíduo é realizada pelo trator-esteira, após a realização da descarga na frente de trabalho nas células de disposição, a

compactação é feita em rampas com inclinação aproximada de 45°. A inclinação do talude segundo o projeto do empreendimento deve ter uma inclinação de 1:2, isto é 1 na vertical e 2 na horizontal.

A operação de compactação é realizada com movimentos repentinos da máquina de baixo para cima, procedendo ao mínimo de oito passadas sucessivas. O controle é realizado visualmente procurando reduzir o máximo do volume do resíduo.

6.6.6 RECOBRIMENTO DO LIXO.

A cobertura dos resíduos é realizada com material proveniente da jazida que se encontra dentro da área do empreendimento.

Os resíduos são cobertos quando necessário com material inerte (terra ou argila) evitando a proliferação de vetores, urubus e reduzindo a geração do odor causado pelo lixo. O solo utilizado para recobrimento é trazido da jazida de argila e armazenado em uma área perto das células de disposição onde se encontram os resíduos.

Para o recobrimento dos resíduos é utilizado o trator-esteira e a escavadeira para a construção dos taludes do aterro com inclinação 1:2 e no acabamento final. Na base superior das células de disposição do aterro, a cobertura é realizada com uma espessura de 60 cm de argila compactada pelo rolo compressor.

6.6.7 INSTALAÇÃO DOS TUBOS DE CAPTAÇÃO DE GASES.

A instalação dos tubos de gases consiste na abertura do rachão (dreno do chorume) da superfície do aterro com a ajuda da retro-escavadeira, que tem como finalidade a captação do chorume e dos gases gerados no aterro. Após essa etapa é

construída uma base de concreto armado sob o rachão, onde é instalado o tubo tipo PEAD para a captação de gases, o tubo tem 15 cm de diâmetro, em sua volta é colocado um revestimento de 1,60m de diâmetro com pedra de brita nº 7, a pedra britada tem como objetivo proteger o tubo de biogás contra entupimentos dos drenos. Então é colocado lixo em sua volta até a altura da brita, o tubo e o lixo são cobertos por uma manta de PEAD e em seguida é utilizado material inerte para a construção dos taludes do aterro sanitário.

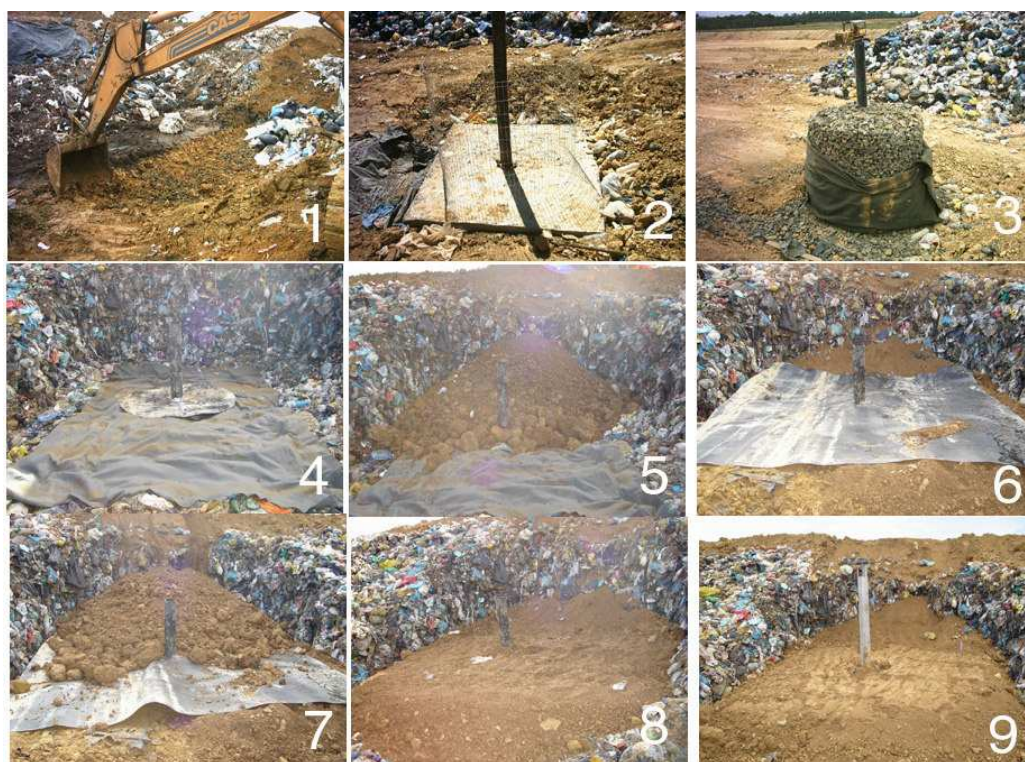


FIGURA 19 - Etapas de instalação dos drenos de biogás (Fonte:MANGILI, 2006).

Os drenos são espaçados entre si conforme o projeto de execução do aterro. As distâncias entre os drenos são de aproximadamente 46 m. Quando não se faz a captação do biogás do aterro, deve-se queimá-los para evitar o mau cheiro e a poluição do ar.

6.6.8 RECIRCULAÇÃO DO CHORUME.

A recirculação do Chorume é uma técnica bastante inovadora no tratamento do chorume, compreendendo na sua recirculação para o interior do maciço do aterro sanitário. Esse processo diminui as concentrações de DBO, e reduz consideravelmente o volume do chorume depositados nos tanques de armazenamentos destinados ao tratamento.

A Figura 20 mostra o despejo do chorume coletado nos tanques de armazenamento no interior do aterro sanitário.



FIGURA 20 – Recirculação do chorume no interior do maciço do aterro sanitário (Fonte:MANGILI,2006).

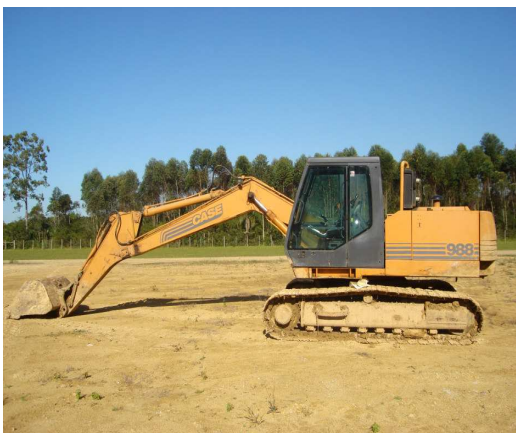
6.7 MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA A OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO.

Segundo Monteiro, 2001 para a operação do Aterro Sanitário é necessário contar com uma frota de máquinas adequada para realizar a totalidade das tarefas. O equipamento adequado dependerá do tipo e quantidade de resíduos recebidos, do material de cobertura e dos métodos de operação dentro do aterro.

O quadro 5 mostra uma relação das máquinas e equipamentos utilizados nas atividades de operação do aterro sanitário.

QUADRO 5 – Máquinas e equipamentos usados na operação do aterro sanitário.

MÁQUINAS	IDENTIFICAÇÃO E ATIVIDADES
	Nome: Trator Esteira Atividades: - Espalhamento dos resíduos no aterro; - Compactação dos resíduos no aterro; - Cobertura dos resíduos com material inerte; - Obras de terraplanagem; - Nivelamento de camadas de cobertura.
	Nome: Trator de Rodas Atividades: - Captação e movimentação de água; - Molhar as vias de acesso; - Reboque de veículos atolados.

	Nome: Escavadeira Atividades: - Abrir a rachão do aterro; - Escavar em solo firme; - Acertos de terraplanagem; - Construção dos taludes; - Carregar caminhões.
	Nome: Rolo Compressor Atividades: - Compactação de solos; - Terraplanagem; - Compactação de resíduos.
	Nome: Caminhão Basculante Atividades: Transporte de materiais.
	Nome: Caminhão Basculante Atividades: Transporte de materiais.

	Nome: Pipa Atividades: Drenagem de água no aterro; Recirculação do chorume; Molhar as vias de acesso.
---	--

FONTE: MANGILI (2006).

6.8 MONITORAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO.

O monitoramento do aterro sanitário deverá ser realizado desde a implantação, operação e após o fechamento do empreendimento.

Desde a execução das obras para a implantação do aterro sanitário, assim como durante o seu funcionamento, o monitoramento é realizado acompanhando a operação do aterro verificando se está de acordo com o projeto. O monitoramento relata as condições ambientais da área intervenção e região de influência do empreendimento durante a sua vida útil.

O processo de monitoramento ambiental apresenta como premissa básica, a possibilidade de detecção o mais rápido possível, de ocorrências de falhas no sistema de proteção ambiental associado ao empreendimento. A detecção de falhas possibilitará que sejam adotadas medidas corretivas rapidamente, de maneira que sejam evitados impactos ambientais significativos, ou ainda que venham a ocorrer passivos ambientais na área de intervenção ou na sua região de influência (CEPPOLINA, 2004).

Conforme o estudo de impacto ambiental do aterro sanitário da SANTEC verificou-se que, na fase de instalação do empreendimento o principal impacto

ambiental está associado à degradação da qualidade das águas superficiais advinda das operações de terraplenagem. Na fase de operação os principais potenciais impactos ambientais primários associados também refere-se a contaminação das águas subterrâneas e superficiais. Dessa forma, o processo de monitoramento do Aterro Sanitário está concentrado na avaliação das águas superficiais e subterrâneas sob influência do empreendimento.

6.8.1 MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Para a avaliação e monitoramento da qualidade das águas subterrâneas foram construídos poços de monitoramento, que terão por objetivo verificar a qualidade do aquífero subterrâneo na área de intervenção, e na região de intervenção direta. Foram construídos 07 (sete) Poços de Monitoramento para as águas subterrâneas estando localizados 01 a montante do maciço e 06 a jusante.

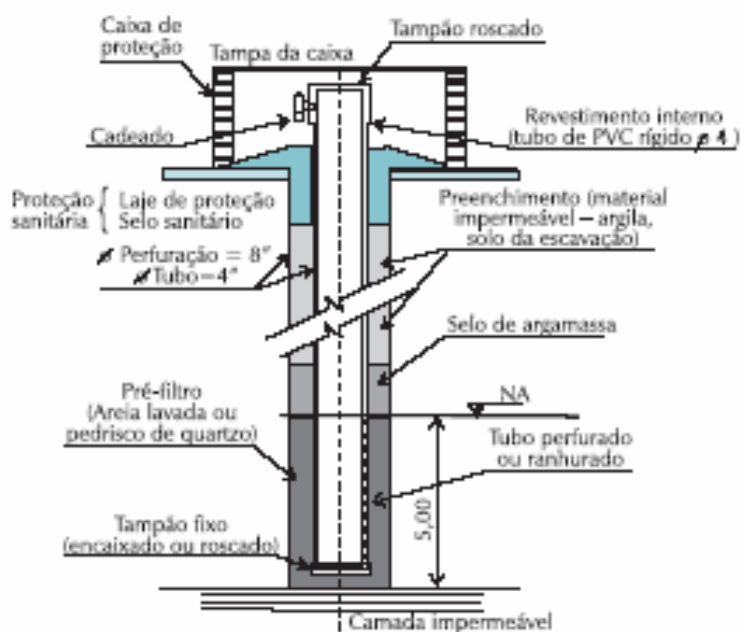
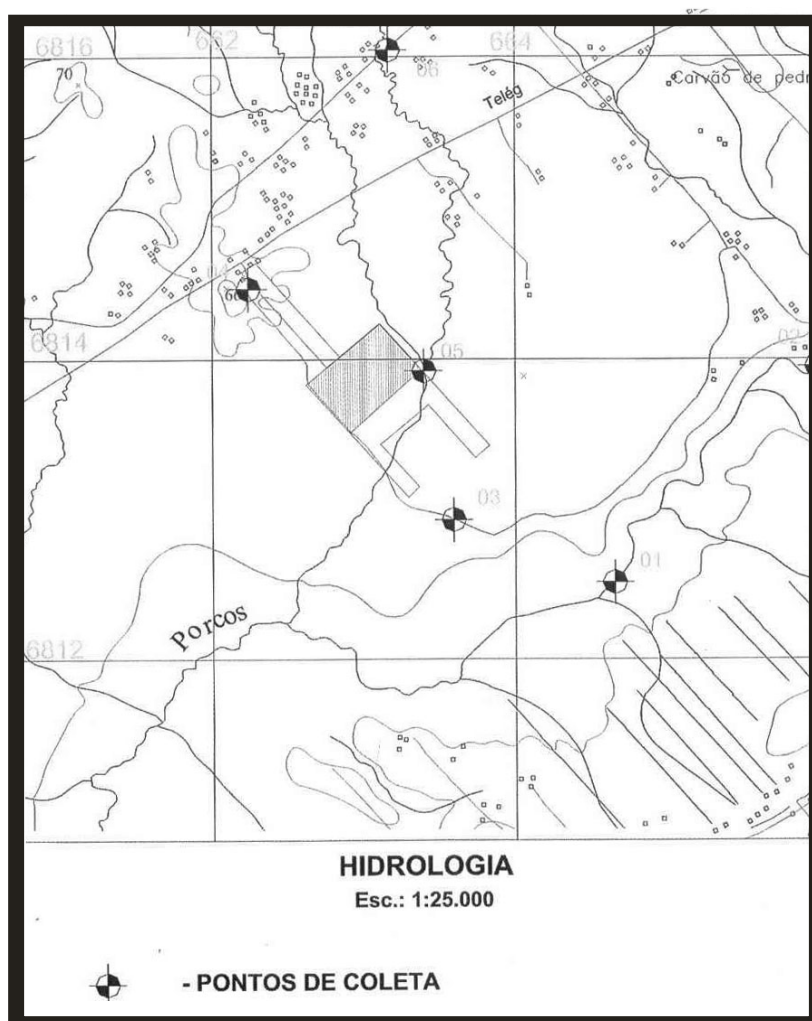


FIGURA 21 – Perfil esquemático do poço de monitoramento (FONTE: IBAM, 2001).

6.8.2 MONITORAMENTO DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS

Para o monitoramento da qualidade das águas superficiais, fora da área do Aterro Sanitário, são utilizados os mesmos pontos de coleta utilizados para a elaboração do diagnóstico ambiental da área do empreendimento. A figura 18 mostra os pontos de coleta para análise da qualidade das águas subterrâneas.

FIGURA 22 – Pontos de coletas de amostras de águas superficiais para monitoramento.



FONTE: (CEPOLLINA, 2004).

De acordo com o Decreto Estadual 14.250/81 as análises realizadas nas amostras de água retiradas dos poços de monitoramentos e dos pontos de coleta de águas superficiais devem ser realizadas trimestralmente. As análises são realizadas

em laboratório especializado, e encaminhado ao órgão ambiental fiscalizador do estado de Santa Catarina (FATMA) para acompanhamento.

6.8.3 MONITORAMENTO DO MACIÇO DO ATERRO.

Como o aterro sanitário está em operação há pouco tempo, exatamente sete meses, sendo que não possui nenhuma célula de resíduos preenchida, ainda não é realizado nenhum monitoramento a respeito do maciço do aterro.

Segundo o Estudo de Impacto ambiental, da mesma forma, com a intenção de manter o controle e monitoramento sobre o volume de líquidos e a pressão atuante no interior do maciço de resíduos, está projetada a construção de 16 (dezesseis) Piezômetros, com o objetivo de realizar o Monitoramento Geotécnico e Instrumentação no aterro sanitário. Além das medições obtidas nos Piezômetros, também será efetuado o Monitoramento do Maciço de Resíduos Sólidos utilizando-se o Sistema de Monitoramento Geotécnico através da instalação de marcos superficiais, através dos quais será medido o deslocamento vertical e horizontal do maciço da superfície do Aterro. As análises desses dados serão realizadas mediante leitura mensal com medições topográficas extraíndo informações sobre os deslocamentos, realizando a detecção antecipada da necessária correção do maciço, como forma de evitar uma possível ruptura.

6.8.4 MONITORAMENTO DA AVIFAUNA.

Para o monitoramento do componente biótico, é adotado estudo sistemático da avifauna, executando-se o acompanhamento da distribuição das espécies por tipo de habitat e classificação das mesmas em guildas tróficas², na

² Guildas Tróficas - Comunidades que exploram de modo semelhante uma base comum de recursos.

área do empreendimento e entorno por meio de amostragens periódicas, em número de 2 por ano (amostragem de primavera-verão e de outono-inverno), durante a fase de implantação do projeto e, 4 por ano (uma a cada estação), durante a fase de funcionamento.

6.8.5 MONITORAMENTO DO RUÍDO.

Para o monitoramento dos níveis de ruídos do Aterro Sanitário são realizados laudos de emissão de ruído ao meio ambiente anualmente. Estes laudos devem ser apresentados ao órgão ambiental fiscalizador estadual, no caso a FATMA.

7. ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS.

7.1 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E DE ECOTOXIDADE DO EFLUENTE LÍQUIDO BRUTO DO ATERRO SANITÁRIO.

7.1.1 DBO e pH

Segundo dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 2000), os parâmetros de pH e DBO podem ser utilizados para determinar a fase que se encontra o processo de decomposição do lixo no aterro sanitário. Os chorumes com valores de pH variando entre 4,5 a 7,5 são considerados como pertencentes à fase acetogênica, e os que estão com o pH entre 7,5 a 9,0 pertencem à fase metanogênica. Lembrando que na fase acetogênica o pH do chorume mais baixo irá facilitar a solubilização de metais, enquanto na fase metanogênica os metais não são lixiviados dos resíduos depositados tão facilmente. A seguir, a tabela mostra os valores de pH e DBO₅ das amostras coletadas no aterro sanitário.

TABELA 8 – Valores de pH e DBO dos efluentes das células domiciliares e industriais, do dreno para amostragem de água subterrânea abaixo dos tanques de recepção e armazenamento.

CÉLULA DOMICILIAR		
AMOSTRA	pH	DBO₅ (mg de O₂/L)
Água Subterrânea (Dreno)	7,0	4830 mg de O ₂ /L
Tanque de Recepção	5,8	> 6000 mg de O ₂ /L
Tanque de Armazenamento	7,3	> 6000 mg de O ₂ /L
CÉLULA INDUSTRIAL		
AMOSTRA	pH	DBO₅ (mg O₂/L)
Água Subterrânea (Dreno)	7,0	5230 mg de O ₂ /L
Tanque de Recepção	7,5	> 6000 mg de O ₂ /L
Tanque de Armazenamento	8,5	> 6000 mg de O ₂ /L

O chorume gerado no aterro sanitário de Içara apresentam características de fases acetogênica e metanogênica concomitantemente. As amostras coletadas nos tanques de recepção da célula domiciliar e recepção industrial podem indicar que o efluente presente no tanque esteja na fase acetogênica apresentando o pH 5,8. Enquanto, o efluente do tanque de armazenamento da célula domiciliar não deixa claro a fase de decomposição pelo valor de pH em torno de 7,3 e DBO₅ elevada. Já a amostra coletada no tanque de recepção e armazenamento da célula industrial se encontra na fase metanogênica, apresentando um alto valor de pH 7,5 e 8,5 respectivamente, que permite uma identificação mais clara da fase de decomposição do rejeito.

A demanda bioquímica de oxigênio não pode ser determinada exatamente, uma vez que com a diluição realizada todo o oxigênio foi consumido em menos de cinco dias. Entretanto, isto permitiu identificar amostras com teores de matéria orgânica expressa em termos de DBO₅ das amostras de chorume coletadas que apresentavam valores acima de 6000 mg de O₂/L. Nas análises de demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias (DBO₅) realizadas pela SANTEC em amostras compostas coletadas nos tanques de chorume, apresentaram valores de 10.368 mg de O₂/L e 4.128 mg de O₂/L para o chorume das células domiciliares e industriais respectivamente. Considerando que amostra coletada no dreno de monitoramento dos tanques de chorume das células de resíduos domiciliar e industrial apresentam valores de DBO de 4830 mg de O₂/L e 5230 mg de O₂/L respectivamente, deve estar ocorrendo contaminação da água subterrânea por alguma fonte de matéria orgânica.

7.1.2 METAIS PESADOS

Para discussão da toxicidade do efluente do aterro sanitário foram realizadas análises quantificando os níveis de Chumbo, Cromo, Níquel e Zinco nas

amostras de chorume gerados nas células de disposição de resíduos domiciliares e industriais.

A tabela 9 retrata os resultados das análises de metais realizados nas amostras coletadas no aterro sanitário de Içara –SC.

TABELA 9 – Resultado das análises da concentração de metais pesados no chorume do aterro sanitário.

ANÁLISES DE METAIS PESADOS						
Parâmetros	ASD	TRD	TAD	ASI	TRI	TAI
Chumbo (mg/L)	<0,05	0,48	0,24	<0,05	0,38	0,30
Cromo Total (mg/L)	<0,02	1,10	0,28	<0,02	1,18	0,48
Níquel (mg/L)	<0,01	0,50	0,12	<0,01	0,20	0,16
Zinco (mg/L)	0,03	2,85	0,42	0,05	2,96	1,20

ASD: Água Subterrânea Domiciliar; TRD: Tanque de Recepção Domiciliar; TAD: Tanque de Armazenamento Domiciliar; ASI - Água Subterrânea Industrial; TRI - Tanque de Recepção Industrial; TAI - Tanque de Armazenamento Industrial.

Nos resultados das análises de metais pesados presente no chorume do aterro sanitário, pode-se observar que não houve alta concentração de metais pesados nos tanques de ambas as células de disposição de resíduos, podendo ter havido diluição das amostras pelo período de chuva ocorrido antes de sua coleta. Porém as amostras de chorume coletado nos tanques de recepção das células domiciliar e industrial apresentam maior concentração de metais, em relação ao chorume coletado nos tanques de armazenamento das mesmas. Nos tanques de armazenamento das células domiciliar e industrial apresentam valores de pH maiores em relação aos tanques de recepção, assim o pH do chorume mais baixo deve facilitar a solubilização de metais em água.

Em relação às amostras da água subterrânea encontrada perto dos tanques de chorume, as análises apresentaram uma baixa concentração dos metais, indicando não haver contaminação por metais pesados.

7.1.3 ANÁLISE DE TOXIDADE AGUDA

Os testes de toxidade aguda foram realizados em todas as amostras de chorume coletadas em um período de 48h, em fatores de diluição 1, 2, 4, 8, 16, 32 e 64, utilizando a *Daphnia magna* como bioindicador. Como parâmetro para a leitura da mortandade, verificou-se a imobilidade dos organismos durante o período de 15 segundos.

Segundo a Portaria 017/02 da FATMA (Anexo), que estabelece limite máximo de toxidade aguda para efluentes de atividades industriais, o limite máximo para toxidade aguda em efluentes de aterros sanitários para *Daphnia magna* é FD=8. Os efluentes que apresentarem toxidade em fatores de diluição acima de 8 são considerados tóxicos.

A tabela 10 mostra os resultados do teste de toxidade aguda da amostra da água subterrânea retirada do dreno localizado próximo ao tanque de armazenamento de chorume da célula domiciliar.

TABELA 10 – Resultado do teste agudo com a água subterrânea abaixo dos tanques da célula de disposição de resíduos domiciliares.

	24 h	48 h
	Media de Organismos Mortos; n=1*	Media de Organismos Mortos; N=1*
FD = 1	0	20%
FD = 2	0	0
FD = 4	0	0
FD = 8	0	0
FD = 16	0	0
FD = 32	0	0
FD = 64	0	0

* O controle apresentou não mortalidade de nenhum organismo.

As amostras de águas subterrâneas abaixo da camada de impermeabilização dos tanques não apresentaram efeitos tóxicos no período de 24 horas. No período de 48 horas, observamos que morreu somente 20% dos organismos expostos a amostra bruta (FD=1). Portanto, de acordo com as demais diluições, a amostra não apresentou toxicidade.

A tabela a seguir mostra valores de toxidade do chorume coletado no tanque de recepção da célula de disposição de resíduos domiciliares.

TABELA 11 – Resultado do teste agudo com o chorume do tanque de recepção da célula de disposição de resíduos domiciliares.

	24 h	48 h
	Media de Organismos Mortos; n=1*	Media de Organismos Mortos; n=1*
FD = 1	100%	100%
FD = 2	100%	100%
FD = 4	100%	100%
FD = 8	100%	100%
FD = 16	0	20%
FD = 32	0	0
FD = 64	0	0

* O controle apresentou não mortalidade de nenhum organismo.

Os líquidos percolados do aterro amostrados no tanque de recepção da célula de disposição de resíduos domiciliares, apresentaram 100% de mortandade dos organismos nos FD = 1, 2, 4 e 8 durante os períodos de 24h e 48h. Entretanto, no FD=16 apresentou 20% de mortandade dos organismos durante o período de 48h, fora do permitido pela Portaria 017/02 da FATMA. Como o pH da amostra obteve valor baixo (5,54) caracterizando o efluente com ácido, nessas condições os metais pesados são facilmente solubilizados em água.

A tabela 12 mostra os resultados do teste de toxicidade aguda, da amostra do chorume do tanque de armazenamento da célula de disposição de resíduos domiciliares.

TABELA 12 – Resultado do teste agudo com o chorume do tanque de armazenamento da célula de disposição de resíduos domiciliares.

	24 h	48 h
	Media de Organismos Mortos; n=1*	Media de Organismos Mortos; n=1*
FD = 1	100%	100%
FD = 2	100%	100%
FD = 4	100%	100%
FD = 8	0	100%
FD = 16	0	0
FD = 32	0	0
FD = 64	0	0

* O controle apresentou não mortalidade de nenhum organismo.

O chorume coletado no tanque de armazenamento da célula domiciliar apresentou menor toxicidade em relação ao tanque de recepção. Segundo os dados os testes toxicológicos apresentaram 100% de mortandade de organismos nos fatores de diluição 1, 2, 4 nos períodos de 24h e 48h. Entretanto no FD=8 apenas no período de 48h houve 100% de mortandade dos organismos, estando acima dos limites estabelecidos pela Portaria 017/02 da FATMA (Anexo). O pH alto da amostra (7,28) apresenta características alcalinas favorecendo a lixiviação dos metais pesados da amostra.

A tabela 13 mostra os resultados do teste de toxicidade aguda da amostra da água subterrânea do tanque de armazenamento de chorume da célula industrial.

TABELA 13 – Resultado do teste agudo com a água subterrânea abaixo dos tanques disposição de resíduos industriais.

	24 h	48 h
	Media de Organismos Mortos; n=1*	Media de Organismos Mortos; n=1*
FD = 1	0	0
FD = 2	0	0
FD = 4	0	0

FD = 8	20%	20%
FD = 16	0	0
FD = 32	0	0
FD = 64	0	0

* O controle apresentou não mortalidade de nenhum organismo.

A amostra de água subterrânea localizada próxima aos tanques de chorume da célula industrial apresentou mortalidade de 20% dos organismos no FD=8, causado possivelmente por um erro analítico. Conforme se observa na tabela 13, a amostra não apresentou efeitos tóxicos ao bioindicador.

Na tabela 14, os resultados dos testes de toxicidade do chorume do tanque de recepção da célula industrial utilizando o microcrustáceo *Daphnia magna* como bioindicador.

TABELA 14 – Resultado do teste agudo com o chorume do tanque de recepção da célula de disposição de resíduos industrial.

	24 h	48 h
	Media de Organismos Mortos; n=1*	Media de Organismos Mortos; n=1*
FD = 1	100%	100%
FD = 2	100%	100%
FD = 4	100%	100%
FD = 8	100%	100%
FD = 16	100%	100%
FD = 32	100%	100%
FD = 64	0	80%

* O controle apresentou não mortalidade de nenhum organismo.

O chorume do tanque de recepção da célula de disposição de resíduos industriais apresentou alta toxicidade, ocorrendo mortandade de todos os organismos em todas as diluições no período de 12h, exceto no FD=64 que resultou na mortandade de 80% dos organismos após o período de 48h. De acordo com a Portaria 017/02 da FATMA (Anexo), o efluente está fora do permitido, pois apresenta toxicidade aguda em fatores de diluição acima do estabelecido (FD=8).

Como os teores de metais do chorume da célula de deposição de resíduos domiciliar são similares aos da célula domiciliar, o alto índice de toxicidade apresentado no chorume da célula industrial deve ter ocorrido devido à presença de outras substâncias tóxicas, talvez pelos altos teores de fenóis encontrados nas areias de fundição depositadas na célula industrial.

A tabela 15 mostra valores de toxidade do chorume coletado no tanque de armazenamento da célula de disposição de resíduos industrial.

TABELA 15 – Resultado do teste agudo com o chorume do tanque de armazenamento da célula de disposição de resíduos industrial.

	24 h	48 h
	Media de Organismos Mortos; n=1*	Media de Organismos Mortos; n=1*
FD = 1	100%	100%
FD = 2	100%	100%
FD = 4	100%	100%
FD = 8	100%	100%
FD = 16	100%	100%
FD = 32	100%	100%
FD = 64	0	0

* O controle apresentou não mortalidade de nenhum organismo.

O resultado da análise de toxidade do tanque de armazenamento da célula de disposição apresentou resultados determinando alta toxidade, ocorrendo mortandade de todos os organismos no (FD=1 a FD=32). Somente o FD=64 não apresentou toxidade aguda, não ocorrendo morte de nenhum organismo até o período de 48h. De acordo com a Portaria 017/02 da FATMA, o efluente está fora do permitido, pois apresenta toxidade aguda em fatores de diluição acima do estabelecido (FD=8) para lançamento ao corpo receptor.

Na tabela 16 podemos observar os valores típicos de toxicidade dos metais (Pb, Cr, Ni e Zn) utilizando a *Daphnia magna* como bioindicador.

TABELA 16 – Valores típicos de toxicidade (CE50) dos metais ao bioindicador *Daphnia magna*.

Metal	CE50 (mg/L)	Referência
Chumbo	3,6 – 5,3	Mount, D.I; Norberg, T.J. (1984).
Cromo Total	0,01 – 0,7	Dorn, P.B. et al. (1993).
Níquel	1,0	Haley, M.V; Kurmas, C.W. (1993).
Zinco	0,068 – 2,8	Mount, D.I; Norberg, T.J. (1984) e Bowmer, C.T et al. (1998).

Fonte: Mendes, 2004

De acordo com a tabela 16, as análises de metais pesados que foram realizadas com o chorume do aterro sanitário mostraram que o Chumbo (Pb) e o Níquel (Ni) apresentam baixas concentrações quando comparado com os valores da CE(50) para o bioindicador utilizado.

A concentração de Cromo e o Zinco mostrado nas análises do efluente apresentados na tabela 14 nos mostram concentrações muito acima do que os estabelecidos pelos valores típicos de toxicidade encontrados na literatura.

O Cromo segundo Dorn, et al. (1993), apresenta 0,01 – 0,7 mg/L de concentração tóxica para a *Daphnia magna*, e a concentração tóxica do Zinco segundo Mount; Norberg. (1984) e Bowmer, et al. (1998), é de 0,068 – 2,8 mg/L. Assim, essas substâncias podem estar influenciando na toxicidade do chorume que apresentam altos índices de concentração desses metais em suas amostras.

Conforme a metodologia adotada por Mendes (2004), as tabelas 17, 18, 19 e 20 serão descritas a concentração do Cromo e do Zinco nos fatores de diluição utilizados na realização dos testes de toxicidade com as amostras de chorume do aterro sanitário.

A tabela 17 apresenta os valores de concentração de metais em relação aos fatores de diluição do chorume amostrado no tanque de recepção domiciliar.

TABELA 17 – Concentração de metais em relação aos fatores de diluição do chorume amostrado no tanque de recepção domiciliar.

FD	Mortalidade	Zn / CE50 Zn 0,068 – 2,8 (mg/L)	Cr / CE50 Cr 0,01 – 0,7 (mg/L)
1	100%	2,85	1,10
2	100%	1,42	0,55
4	100%	0,71	0,27
8	100%	0,36	0,13
16	20%	0,18	0,07
32	0	0,09	0,03
64	0	0,04	0,01

Como mostra a tabela 17, em todos os fatores de diluição realizados nas análises de toxicidade, observamos que os valores de toxicidade típica do Cromo que se encontra dentro da faixa de variação CE(50) . Os valores de toxicidade típica para o Zinco que estão dentro da faixa de variação CE(50) são encontrados até o FD=32. Pois no FD=64 observa-se valores de concentração de Zinco abaixo dos valores reportadas na literatura.

Os níveis de valores de toxicidade do Cr em todos os fatores de diluição e do Zn e nos fatores de diluição 1, 4, 8, 16 e 32 devem ter influenciado no alto índice de mortalidade dos organismos encontrado até o FD=8. Porém no FD=16 ocorreu a mortalidade somente de 20% dos organismos, mesmo estando com valores de concentrações de Zn e Cr uma pouco acima dos valores encontrados na faixa de variação CE(50).

TABELA 18 – Concentração de metais em relação aos fatores de diluição do chorume amostrado no tanque de armazenamento domiciliar.

FD	Mortalidade	Zn / CE(50) Zn 0,068 – 2,8 (mg/L)	Cr / CE(50) Cr 0,01 – 0,7 (mg/L)
1	100%	0,42	0,28
2	100%	0,21	0,14

4	100%	0,105	0,07
8	100%	0,052	0,035
16	0	0,026	0,017
32	0	0,013	0,008
64	0	0,006	0,004

O Zinco apresentou concentração dentro da faixa de variação CE50 até o FD=4, enquanto o Cromo apresentou uma concentração dentro da faixa de variação CE50 até o FD=16. Assim, a mortalidade de 100% dos organismos no feto de diluição 8, deve ter ocorrido principalmente pela concentração de Cromo (Cr) da amostra.

A mortalidade de 100% dos organismos expostos aos níveis de concentração apresentados até o FD=16 nos mostra, que a toxicidade desse efluente deve ter influência da concentração de Cr e Zn. Entretanto, os fatores de diluição 16, 32 e 64 não apresentaram mortalidade de nenhum organismo, ainda que, a concentração de Cromo no FD=16 se encontra dentro da faixa de valores típicos de toxicidade (CE50) dos metais ao bioindicador *Daphnia magna*.

TABELA 19 – Concentração de metais em relação aos fatores de diluição do chorume amostrado no tanque de recepção industrial.

FD	Mortalidade	Zn / CE50 Zn 0,068 – 2,8 (mg/L)	Cr / CE50 Cr 0,01 – 0,7 (mg/L)
1	100%	2,96	1,18
2	100%	1,48	0,59
4	100%	0,74	0,29
8	100%	0,37	0,14
16	100%	0,18	0,07
32	100%	0,09	0,03
64	80%	0,04	0,01

Como mostrado na tabela 10, todos os fatores de diluição da amostra se encontram com na faixa de valores de toxicidade típica para o Cr, entretanto a faixa de valores de toxicidade típica para o Zn encontra-se até o FD=32. Então podemos observar que essas substâncias devem ter sido responsáveis pela mortalidade de quase todos os organismos expostos até o FD=32. No fator de diluição 64 mesmo devido à concentração de zinco estar abaixo da faixa de toxicidade típica, houve 80% de mortes dos organismos. Esse resultado pode ser atribuído devido ao efeito sinérgico causado pelo Cromo com o Zinco.

TABELA 20 – Concentração de metais em relação aos fatores de diluição do chorume amostrado no tanque de armazenamento industrial.

FD	Mortalidade	Zn / CE50 Zn 0,068 – 2,8 (mg/L)	Cr / CE50 Cr 0,01 – 0,7 (mg/L)
1	100%	1,20	0,48
2	100%	0,6	0,24
4	100%	0,3	0,12
8	100%	0,15	0,06
16	100%	0,07	0,03
32	100%	0,03	0,015
64	0	0,01	0,0075

Como se observa na tabela acima, a amostra analisada do efluente amostrado no tanque de armazenamento da célula industrial apresenta alto índice de toxicidade. Devido à alta concentração de Zinco e Cromo na amostra, mesmo com a diluição do efluente as amostras apresentaram concentrações de Zn e Cr pertencentes dentro faixa de valores típicos de toxicidade até o FD=16 para o Zinco e o FD=32 para o Cromo. No FD=32 a mortalidade de 100% dos organismos pode ser atribuída ao efeito sinérgico do Cromo com o Zinco.

Nas análises de toxicidade podemos observar a mortandade de 100% dos organismos do FD=1 ao FD=32. Entretanto no FD= 64, onde se obtém uma baixa concentração de metais, não houve morte de nenhum organismo, assim o efluente não apresenta toxicidade do efluente apenas neste fator de diluição.

Na comparação dos resultados obtidos pelos testes de toxicidade e os dados reportados na literatura mostrando a concentração típica de toxicidade causada pela presença de metais em neonatos da *Daphnia magna*, podemos observar que há uma relação direta da concentração de metais com os efeitos de toxicidade. Os valores mostrados na tabela 16 referentes aos valores típicos de toxicidade para *Daphnia magna* permitem uma análise segura dos resultados dos testes de toxicidade, e também pelo fato dos organismos usados como bioindicador permitem reagir seguramente somente a efeitos tóxicos reais.

7.2 INDICE DA QUALIDADE DE ATERROS DE RESIDUOS

A avaliação dos indicadores de qualidade ambiental em aterros permite analisar as condições de acondicionamento do lixo no aterro em termos de controles de poluição ambiental. Assim, a avaliação deve ser efetuada levando em consideração os aspectos construtivos e operacionais, os elementos do projeto, como: vias de acesso; estruturas de controle; sistema de drenagem; dreno de gases; dreno de águas pluviais; dreno de percolado; sistema de impermeabilização; sistema de tratamento do percolado; sistema de vigilância.

O quadro 6, mostra a avaliação das condições de instalação e operação do aterro sanitário da SANTEC no município de Içara – SC, enfatizando as características do local.

QUADRO 6 – Características do local apontado no Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos - IQR

CARACTERÍSTICAS DO LOCAL			
Sub-item	Avaliação	Peso	Pontos
Capacidade de suporte do solo	Adequada	5	5
	Inadequada	0	
Proximidade de núcleos habitacionais	Longe > 500m	5	5
	Próximo	0	
Proximidade de corpos de água	Longe > 200m	3	0
	Próximo	0	
Profundidade do lençol freático	Maior 3m	4	2
	De 1 a 3m	2	
	De 0 a 1 m	0	
Permeabilidade do Solo	Baixa	5	5
	Média	2	
	Alta	0	
Disponibilidade de Material de Recobrimento	Suficiente	4	4
	Insuficiente	2	
	Nenhuma	0	
Qualidade do Material de Recobrimento	Boa	2	2
	Ruim	0	
Condições de Sistema Viário, Trânsito e Acesso	Boas	3	3
	Regulares	2	
	Ruim	0	
Isolamento Visual da Vizinhança	Bom	4	4
	Ruim	0	
Legalidade de Localização	Local Permitido	5	5
	Local Proibido	0	
SUBTOTAL MÁXIMO		40	35

No quadro acima, observamos que as características do local apresentam condições ideais para a instalação e operação do aterro sanitário. Resultado esse obtido devido ao estudo realizado pela empresa na escolha da localização da área de implantação do aterro sanitário.

Na avaliação da característica do local apresentada no quadro 6, onde se encontra o aterro sanitário, apenas os aspectos referentes à proximidade de corpos de água e a profundidade do lençol freático levam pontuação mínima. No estudo de caso do aterro sanitário apresentado no capítulo 6 desse trabalho, de acordo com o

seu Estudo de Impacto Ambiental o lençol freático se encontra a partir de 0,70 a 1,70 abaixo do nível do solo, como é mostrado nas sondagens realizadas no local do empreendimento.

Na área do aterro sanitário, foi aberta uma lagoa próxima da área que está projetada a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), com o objetivo de receber o efluente após passar pela fase de tratamento.

Como mostrado no item 6.5 desse trabalho, o aterro sanitário dispõe de sistemas de proteção ambiental, protegendo o lençol freático, as camadas de solo abaixo da área de disposição de resíduos e as águas superficiais.

O aterro sanitário em questão, por ser um empreendimento recente, não há nenhuma célula de disposição de resíduos completa, e ainda não dispões de uma Estação de Tratamento de Efluentes. O efluente gerado no aterro é armazenado em tanque e transportado para tratamento em uma Estação de Tratamento de Efluentes terceirizada. Mesmo com uma logística adequada para controlar a poluição do chorume captado pelos drenos do aterro, o ideal é a instalação de uma estação de tratamento de efluentes para o controle direto desse aspecto.

O quadro 7 mostra os pontos de avaliação da infra-estrutura do aterro sanitário da SANTEC.

QUADRO 7 – Infra-estrutura do aterro apontado pelo Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos - IQR

INFRAESTRUTURA IMPLANTADA			
Sub-Ítem	Avaliação	Peso	Pontos
Cercamento da Área	Sim	2	2
	Não	0	

Portaria/Quarita	Sim	2	2
	Não	0	
Impermeabilização da Base do Aterro	Sim/Desnosc.	5	5
	Não	0	
Drenagem de Chorume	Suficiente	5	5
	Insuficiente	1	
	Inexistente	0	
Drenagem de Águas Pluviais Definitiva	Suficiente	4	4
	Insuficiente	2	
	Inexistente	0	
Drenagem de Águas Pluviais Provisória	Suficiente	2	2
	Insuficiente	1	
	Inexistente	0	
Trator Esteira ou Compatível	Permanente	5	5
	Periodicamente	2	
	Inexistente	0	
Outros Equipamentos	Sim	1	1
	Não	0	
Sistema de Tratamento de Chorume	Suficiente	5	0
	Insuf./Inexist.	0	
Acesso a Frente de Trabalho	Bom	3	3
	Ruim	0	
Vigilantes	Sim	1	1
	Não	0	
Sistema de Drenagem de Gases	Suficiente	3	3
	Insuficiente	1	
	Inexistente	0	
Controle recebimento de Cargas	Sim	2	2
	Não	0	
Monitorização de águas Subterrâneas	Suficiente	3	3
	Insuficiente	2	
	Inexistente	0	
Atendimento a Estipulações de Projeto	Sim	2	2
	Parcialmente	1	
	Não	0	
SUBTOTAL MÁXIMO		45	40

O quadro 9 mostra os pontos de avaliação das condições de operação do aterro sanitário da SANTEC.

QUADRO 8 – Condições operacionais do Aterro Sanitário apontado pelo Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos - IQR

CONDIÇÕES OPERACIONAIS			
Sub-Item	Avaliação	Peso	Pontos
Aspecto Geral	Bom	4	4
	Ruim	0	
Ocorrência de Lixo Descoberto	Não	4	4
	Sim	0	
Recobrimento do Lixo	Adequada	4	4
	Inadequada	1	
	Inexistente	0	
Presença de Urubus e Gaivotas	Não	1	1
	Sim	0	
Presença de Moscas em Grandes Quantidades	Não	2	2
	Sim	0	
Presença de Catadores	Não	3	3
	Sim	0	
Criação de Animais (Porcos, Bois)	Não	3	3
	Sim	0	
Descarga de Resíduos de Serviços de Saúde	Não	3	3
	Sim	0	
Descarga de Resíduos Industriais	Não/Adequada	4	4
	Sim/Inadequada	0	
Funcionamento da Drenagem Pluvial Definitiva	Bom	2	2
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Funcionamento da Drenagem Pluvial Provisória	Bom	2	2
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Funcionamento da Drenagem de Chorume	Bom	3	3
	Regular	2	
	Inexistente	0	
Funcionamento do Sistema de Tratamento de Chorume	Bom	5	2
	Regular	2	
	Inexistente	0	
Funcionamento do Sist. De Monitorização das Águas Subterrâneas	Bom	2	2
	Regular	1	
	Inexistente	0	
Eficiência da Equipe de Vigilância	Boa	1	1
	Ruim	0	
Manutenção dos Acessos Internos	Boas	2	2
	Regulares	1	
	Péssimas	0	
SUBTOTAL MÁXIMO		45	42
TOTAL MÁXIMO		130	117

IQR – SOMA DOS PONTOS / 13		9,0
IQR	AVALIAÇÃO	
0 a 6,0	CONDIÇÕES INADEQUADAS	
6,1 a 8,0	CONDIÇÕES CONTROLADAS	
8,1 a 10	CONDIÇÕES ADEQUADAS	

O valor do IQR igual a 9 mostra que as condições do aterro sanitário do município de Içara são adequadas ($8,1 \leq \text{IQR} \leq 10$) e expressam condições adequadas para a operação do aterro sanitário. Isto vem demonstrar os cuidados técnicos que foram tomados no projeto de implantação e na sua operação, controlando todos os impactos ambientais causados pela disposição inadequada de resíduos sólidos no ambiente.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.

A disposição final de resíduos em “lixões” e aterros controlados presentes na Região Sul do estado, por não possuírem infra-estrutura sanitário, causaram sérios problemas ambientais localizados. Partindo de que os aterros controlados e “lixões” não possuem infra-estrutura sanitária adequada para evitar os impactos relacionados à toxicidade do chorume, a disposição de resíduos nessas áreas, contribui para que várias substâncias tóxicas encontradas no chorume possam vir contaminar o solo e as águas subterrâneas.

A área em que foi instalado o Aterro Sanitário no município de Içara – SC apresenta condições ideais para a sua operação, e dispõe de infra-estrutura adequada para realizar as atividades de acondicionamento dos resíduos sólidos domiciliares e industriais, operando de acordo com as normas técnicas e as legislações ambientais vigentes.

A avaliação e identificação dos indicadores referentes à disposição de resíduos sólidos domiciliares e industriais no aterro sanitário estudado nesse trabalho, apresentou um alto índice de qualidade alcançando a nota 9, ou seja, os resíduos são depositados de forma adequada, promovendo uma melhoria da qualidade na situação da disposição final dos resíduos sólidos urbanos e industriais, diminuindo os riscos ambientais e de saúde pública relacionados à disposição inadequada dos resíduos sólidos.

As análises realizadas no efluente gerado no processo de disposição de resíduos no aterro sanitário apresentaram altos índices de toxicidade para *Daphnia magna*, em consequência da alta concentração de metais pesados encontrado no maciço do aterro. De acordo com a Portaria 017/2002 da FATMA, o chorume do aterro sanitário com relação à toxicidade não pode ser lançado ao corpo receptor sem passar pela fase de tratamento, pois apresenta valores de toxicidade acima do estabelecido pela portaria. Assim pode-se considerar que os testes de toxicidade são importantes para o monitoramento do efluente após a etapa de tratamento, pelo fato de ser simples de ser realizado, mostrando segurança na leitura dos resultados e servindo como avaliação do efluente complementando as análises físico-químicas.

A alta DBO₅ encontrada nas amostras de água subterrânea mostrada na tabela 8 no cap. 7, pode ter sido causado por vazamentos presentes nos tanques de chorume, como também, ter ocorrido devido a contaminação do lençol freático pelo chorume do antigo “lixão” do município de Içara, localizado a 2,5 Km de distancia da área do aterro sanitário da SANTEC. Nas análises realizadas na água subterrânea encontradas nos poços de monitoramento instalados na área do aterro, não foram avaliados os parâmetros de DBO₅, não deixando claro qual o ponto de contaminação da água subterrânea.

Do ponto de vista técnico deve-se considerar a instalação de uma estação de tratamento de efluentes projetada para atender a demanda de chorume gerado no aterro, mesmo que agora seja economicamente inviável, proporcionará melhor controle dos aspectos ambientais do aterro sanitário. Considerando também o risco ambiental apresentado pelo transporte desse efluente para seu tratamento em uma estação terceirizada, como também o problema apresentado pela alta demanda de efluente gerado no aterro em função de longos períodos de chuva.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **Coleta e acondicionamento de Resíduos Sólidos Urbanos**; terminologia: NBR 12.980. São Paulo: ABNT, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR 8419: **apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - procedimento**. Rio de Janeiro, 1984.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. NBR. 10004: **resíduos sólidos-classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

BRENTANO E LOBO (2003) apud, FLOHR, Letícia; BRENTANO, Débora M.; CARVALHO-PINTO, Cátia, R. S. de; MACHADO, Vanessa, G.; MATIAS, Willian, G. **Classificação de resíduos sólidos industriais com base em testes ecotoxicológicos utilizando *Daphnia magna*: uma alternativa**. Florianópolis: UFSC, 2005; pág. 12.

CEPOLLINA, Engenheiros e Consultores s/c Ltda. **Estudo de Impacto Ambiental do Aterro Sanitário e Industrial Classe II no município de Içara**. SANTEC: Abril, 2004.

CETESB, Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Inventário estadual de resíduos sólidos domiciliares – relatório de 2005**. São Paulo: 2006.

CHILTON & CHILTON, (1992). apud SISINNO, C.L.S, OLIVEIRA R.M de. **Resíduos sólidos, ambiente e saúde – uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro: editora FIOCRUZ, 2002.

COLAVITTI, Fernanda. Dossiê: **O que fazer com o lixo**. Galileu: Rio de Janeiro: Editora Globo; v.12,n.143, p. 39-50, junho 2003.

CONSONI, Ângelo José; GONZALEZ, Claudia Cristina Castro. Legislação e licenciamento ambiental. In: D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero; VILHENA, André (Coord.). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/ Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE, 2000. Cap. 8, p. 317 - 342.

CONSONI, Ângelo José; SILVA, Isabel Cristina; GIMENEZ FILHO, Antonio. Disposição final do lixo. In: D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero; VILHENA, André (Coord.). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/ Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRE, 2000. Cap. 5, p. 251-291.

D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero; VILHENA, André (Coord.). **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/ Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRES, 2000. Cap 6, p. 295-313.

FATMA. Fundação do Meio Ambiente. Consulta a legislação Estadual e Federal pertinente a FATMA. **Pesquisa de Documentos. Legislação: leis estaduais**. Disponível em meio eletrônico no endereço <http://www.fatma.sc.gov.br/pesquisa/pesquisadocumentos.asp> . Acessado em 23 de setembro de 2005.

FEAM Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Orientações técnicas para a operação de aterros sanitários**. Belo Horizonte: FEAM, 2005. 32p.; il.

GUNTHER, Wanda M. R. **Saúde Ambiental Comprometida pelos resíduos sólidos**. São Paulo: USP, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. **Censo Demográfico** – 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

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

KNIE, Joachim L. W.; LOPES, Ester W. B. **Teste ecotoxicológicos : métodos, técnicas e aplicações**. Florianópolis: FATMA, 2004. 288 p.

LANZA, Vera C. V; CARVALHO, André L. de C.; ALVIM; Riordan V. **Orientações técnicas para operação de aterro sanitário**. Belo Horizonte: FEAM, 2005.

LIMA, José Dantas de. **Gestão de Resíduos Sólidos urbanos no Brasil**. Campina Grande – PB, ABES, 2001. 267 p

LIMA, José Mauro S.; BORGES, Maeli Estrêla (Coord.). **Aterro sanitário: planejamento e operação**. Viçosa - MG, 2000: Centro de Produções Técnicas – CPT. Pág. 63.

MANUAL DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DE RESÍDUOS SÓLIDOS / José Henrique Penido Monteiro [et al.]; coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MENDES, Juliane Constantino. **Caracterização dos efluentes líquidos, em termos de ecotoxicidade, gerados na disposição de RSU nos “aterros” do entorno de Criciúma-SC**. TCC – Universidade do Extremo Sul Catarinense / UNESC: Santa Catarina, 2004.

MONTEIRO, Teófilo Carlos do Nascimento. **Gestão Integrada de resíduos sólidos municipais e impacto ambiental**. Rio de Janeiro: FIOCURZ, 2001. 115p.

NETO, Aruntho Savastano; NOVAES, Antônio Vicente; SOUZA, Manuel Cláudio de; Maria Heloisa P.L. **Inventário Estadual de resíduos sólidos domiciliares: relatório de 2005**. São Paulo, CETESB, 2006.

PARRA, Rogério *et. al.* Acondicionamento e coleta do lixo. In: D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero; VILHENA, André (Coord.). **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRES, 2000. Cap. 3, p. 45 – 77.

PRANDINI, Fernando Luiz; D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero; JARDIM, Niza Silva; MANO, Vinicius Gomes Taveira.; WELLS, Christoopher; CASTRO, Alberto Pereira de; SCHNEIDER, Dan Moche. O gerenciamento integrado do lixo municipal. In: D'ALMEIDA, Maria Luiza Otero; VILHENA, André (Coord.). **Lixo municipal**: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT/Compromisso Empresarial para Reciclagem – CEMPRES, 1995. Cap. 1.

SANTA CATARINA (ESTADO), LEIS, DECRETOS, ETC. **Coletânea da Legislação Ambiental aplicável no estado de Santa Catarina** / comp. e org. [por] Dulci Eleni Westphal. Florianópolis: FATMA, 2002. 524 p.

SILVA, ALESSANDRA CRISTINA. **Tratamento do Percolado de Aterro Sanitário e Avaliação da Toxicidade**. Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE Rio de Janeiro, 2002.

SISINNO, C.L.S, OLIVEIRA R.M de. **Resíduos sólidos, ambiente e saúde – uma visão multidisciplinar**. Rio de Janeiro: editora FIOCRUZ, 2002.

TENÓRIO, Jorge Alberto Soares. Espinosa, Denis Crocce Romano. Controle Ambiental de Resíduos Sólidos. In: PHILIPPI JÚNIOR, Arlindo; ROMÉRO, Marcelo de Andrade; BRUNA, Gilda Collet. **Curso de gestão ambiental**. 1. ed Barueri, SP: Manole, 2004. 1045 p

ANEXO A – PORTARIA FATMA Nº 017/02

PORTARIA Nº 017/02 – FATMA DE 18/04/2002.

Estabelece os Limites Máximos de Toxicidade Aguda para efluentes de diferentes origens e dá outras providências.

A DIRETORA, da Fundação do Meio Ambiente - FATMA, no uso das atribuições previstas nos Arts. 18 e 20 do Estatuto, 19 e 28 do Regimento interno, tendo em viga o Inciso II do Art. 4º da Lei nº 5.793, de 15 de outubro de 1980 e Art. 121, do Decreto 14.250, de 5 de junho de 1981.

CONSIDERANDO:

I - que a Política Estadual de Meio Ambiente (Lei nº 5.793/80) estabelece normas gerais para a proteção e melhoria da qualidade ambiental e determina que as diretrizes serão formuladas em normas e planos administrativos, destinados a orientar as ações dos governos estadual e municipal (Arts. 1º e 3º);

II - o disposto no Art. 12 da Resolução CONAMA nº 020/86, relativo ao padrão de qualidade das águas, no sentido de que as substâncias presentes nos efluentes, considerando também eventuais ações sinérgicas entre as mesmas, não poderão conferir às águas características capazes de causarem efeitos letais ou alteração de comportamento, reprodução ou fisiologia de vida.

III - a necessidade de serem fixadas normas técnicas relativas à matéria,

RESOLVE:

Ad referendum do CONSEMA/SC:

Art 1º - As substâncias existentes no efluente não poderão causar ou possuir potencial causador de efeitos tóxicos capazes de provocar alterações no comportamento e fisiologia dos organismos aquáticos presentes no corpo receptor.

Parágrafo Único – Executam-se, para os fins previstos nesta Portaria os corpos receptores marinhos e os de água salobra.

Art. 2º - A toxicidade aguda do efluente será determinada em laboratório, mediante a elaboração de testes ecotoxicológicos padronizados, cujos resultados deverão ser expressos em Fator de Diluição (FD).

§ 1º - O Fator de Diluição. (FD) representa a primeira de uma série de diluições de uma amostra na qual não mais se observa efeitos tóxico agudos aos organismos-teste.

§ 2º - A TABELA I, em anexo, estabelece os Limites máximos de Toxicidade Aguda dos efluentes de diferentes origens, expressos em Fator de Diluição, para microcrustáceos - *Daphnia magna* (Straus, 1820) e bactérias bioluminescentes.

§ 3º - O empreendedor comprovará, mediante a apresentação de laudo laboratorial elaborado por profissional devidamente habilitado, a toxicidade do efluente mencionada no “caput” deste artigo, devendo a mesma estar de acordo com o Limite Máximo de Toxicidade estabelecido na TABELA I, em anexo.

§ 4º - Para as atividades não inseridas das na TABELA I, ficam estabelecidos os Limites Máximos de Toxicidade Aguda, abaixo mencionados:

Fator de Diluição para *Daphnia magna* (FDd) : 8 (12,5%);

Fator de Diluição para *Vibrio fischeri* (FDbf) : 8 (12,5%).

§ 5º - Além de obedecer o disposto nos parágrafos anteriores, somente será permitido o lançamento do efluente, no corpo receptor, proveniente das atividades consideradas potencialmente causadoras de degradação ambiental inseridas na Portaria Interna 01/92 e 01/00 - FATMA, cuja porcentagem (PER) seja menor ou igual a toxicidade causada pelo mesmo, expressa em percentual do Fator de Diluição (FD%) dividido por 2 (dois), conforme expresso abaixo mencionada:

$$PER \leq \frac{FD\%}{2}$$

$$\text{Onde: } PER = \frac{Q_{em} \times 100}{Q_{em} + Q_{7,10}}$$

$$FD \% = \frac{100}{FD}$$

Sendo:

PER = Porcentagem do efluente no corpo receptor.

Q em = Vazão máxima projetada do efluente.

Q em = vazão crítica anual do corpo receptor, média de 7 dias consecutivos com probabilidade

de retorno em 10 anos.

FD = Fator de Diluição a ser determinado, conforme estabelecido no “caput” deste artigo.

Art 3º - Cabe à gerência de Análises Laboratoriais da FATMA:

- Reavaliar os Limites Máximos de Toxicidade Aguda dos efluentes mencionados nesta Portaria;
- O Determinar por ato específico os Limites Máximos de Toxicidade Aguda para categorias dos efluentes não previstos na TABELA I;
- Determinar por ato específico os Limites Máximos de Toxicidade para outros organismos-teste não previstos nesta Portaria,
- Definir os métodos de ensaio, bem como, os organismos utilizados nos testes de toxicidade;
- Determinar a toxicidade nos corpos receptores.

Art. 4º - Esta portaria entrará em vigor na data de sua publicação.

SUZANA MARIA CORDEIRO TREBIEN

Diretora Geral

Publicada no DOSC de 23.04.2002

TABELA I: Estabelece os Limites Máximos de Toxicidade Aguda para os microcrustáceos - *Daphnia magna* (Straus, 1820) e para as bactérias bioluminescentes - *Vibrio fischeri*, dos efluentes de diferentes categorias, conforme abaixo:

Origem dos Efluentes		Limites Máximos de Toxicidade Aguda para <i>Daphnia magna</i>	Limites Máximos de Toxicidade Aguda para <i>Vibrio fischeri</i>
Origem dos efluentes Categoria da atividade	Subcategoria da atividade	FDd	FDbl
Metal mecânica	Siderurgia	4	6
	Metalurgia	4	6
	Galvanoplastia	16	8
Alimentícia	Frigoríficos, Abatedouros, Laticínios, Cerealistas, Bebidas, Fecularias, Alimentos	2	4
Esgotos domésticos e/ou hospitalares		1	4
Resíduos urbanos	Efluentes de Aterros Sanitários	8	16
Papel e Celulose		2	4
Couros, peles e produtos similares		4	6
Química	Agroquímica, Petroquímica, Produtos químicos não especificados ou não classificados	2	4
Têxtil	Beneficiamento de fibras naturais e sintéticas, confecção e tinturaria	2	2
Farmacêutica		2	4

FDd - Fator de Diluição para *Daphnia magna*.

FDbl - Fator de Diluição para *Vibrio fischeri*.

FD = 1 – amostra bruta não tóxica.