



O Meio Terrestre II

Poluição do Solo – Resíduos Sólidos

Prof.: Joaquin Ignacio Bonnacarrere

Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental

1

Resíduo Sólido

São todos aqueles resíduos nos estados sólido e semi-sólido que resultam da atividade da comunidade, de origem: industrial, doméstica, de serviços de saúde, agrícola, comercial, de serviços de varrição e poda, incluindo lodos de ETAs e ETEs, resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição e líquidos que não possam ser lançados na rede de esgoto em função das suas especificidades.

2

Classificação dos Resíduos Sólidos

Critérios para Classificação:

- Origem;
- Grau de Degradabilidade;
- Periculosidade.

3

Classificação dos Resíduos Sólidos

Quanto à Origem:

- URBANO: residenciais, comerciais, de varrição, de feiras, de poda e capina.
- CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO: entulho, solos descartados, madeiras, latas de tintas, gesso, etc.
- INDUSTRIAIS: rejeitos de processos de fabricação e lodos provenientes dos processos de tratamento de efluentes industriais (tóxicos e perigosos).

4

Classificação dos Resíduos Sólidos

Quanto à Origem:

- DE SERVIÇOS DE SAÚDE: hospitais, clínicas médicas e veterinárias, centros de saúde, consultórios odontológicos e farmácias.
- RADIOATIVOS: todos os de origem atômica (CNEN).
- AGRÍCOLAS: da produção de defensivos agrícolas e suas embalagens.

5

Classificação dos Resíduos Sólidos

Quanto ao Grau de Degradabilidade:

- FACILMENTE DEGRADÁVEIS: cascas e restos de alimentos, etc..
- MODERADAMENTE DEGRADÁVEIS: papéis, papelão e material celulósico, etc..
- DIFICILMENTE DEGRADÁVEIS: pedaços e restos de panos, couros, borrachas, madeiras, etc..
- NÃO DEGRADÁVEIS: vidros, metais, plásticos, pedras, solos, cinzas, etc..

6

Classificação dos Resíduos Sólidos

Quanto à Periculosidade:

- Um resíduo é considerado perigoso quando suas propriedades físicas, químicas e infecto-contagiosas **representam riscos à saúde pública e ao meio ambiente.**

7

Classificação dos Resíduos Sólidos

Classificação Segundo a NBR 10.004 (ABNT):

- a) Resíduos classe I - Perigosos;
- b) Resíduos classe II - Não Perigosos;
 - Resíduos classe II A - Não Inertes
 - Resíduos classe II B - Inertes.

8

Classificação dos Resíduos Sólidos

Classificação Segundo a NBR 10.004 (ABNT):

- Resíduos classe I – Perigosos:

- **Risco à saúde pública**, provocando mortalidade, incidência de doenças ou acentuando seus índices;
- **Riscos ao meio ambiente**, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada;
- Ou apresentam qualquer uma das seguintes características:



Inflamabilidade,



Corrosividade,



Toxicidade,



Radioatividade, ou



Patogenicidade.

9

Classificação dos Resíduos Sólidos

Classificação Segundo a NBR 10.004 (ABNT):

- Resíduos classe II A – Não Inertes:



- Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos e nem de resíduos classe II B - Inertes, nos termos da NBR 10.004.
- Os resíduos classe II A – Não Inertes, podem ter propriedades, tais como: **biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.**
- Ex: Resíduos domiciliares, comerciais, etc..

10

Classificação dos Resíduos Sólidos

Classificação Segundo a NBR 10.004 (ABNT):

- **Resíduos classe II B – Inertes:**



- Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10.007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10.006, **não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor**, conforme anexo G da NBR 10.004.

11

Coleta e Transporte dos Resíduos Sólidos

- Deve ser efetuada de forma regular;
- O intervalo de tempo entre a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) e sua coleta, no Brasil, não deve ser superior a uma semana;
- O dimensionamento da frota de veículos de coleta de RSU e seu itinerário é um problema de logística.

12

Coleta e Transporte dos Resíduos Sólidos

- Caminhões Compactadores de 6 a 19 t para coleta regular de RSU;
- Carretas para transbordo.



13

Coleta e Transporte dos Resíduos Sólidos

- Caminhões transportadores de caçambas para entulho (resíduos de construção e demolição).



14

Coleta e Transporte dos Resíduos Sólidos

- Furgões para transporte de resíduos de serviços de saúde.



15

Coleta e Transporte dos Resíduos Sólidos

Transbordo de resíduos:

- Viável somente para municípios de médio ou grande porte, ou com disposição em aterro muito distante;
- Evita o atraso nos roteiros de coleta;
- Diminuição do tempo improdutivo da guarnição de trabalhadores ociosos;
- Diminuição do custo de transporte;
- Aumento da produtividade dos caminhões de coleta.

16

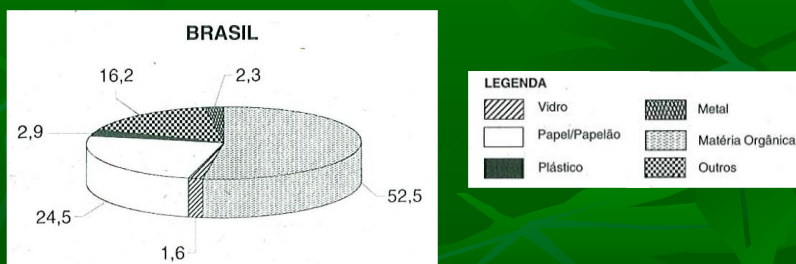
Geração de Lixo

- Geração *per capita* de 0,4 a 1,2 kg de resíduos por habitante por dia.
- São Paulo gera, em média, 17.000 t/dia (lixo residencial, de serviços de saúde, restos de feiras, podas de árvores, entulho, etc.).
- Só de **resíduos domiciliares** são coletados quase **10.000 t/dia**.

17

Composição do Lixo

- Composição média dos resíduos:
 - No Brasil aproximadamente 50% é matéria orgânica;

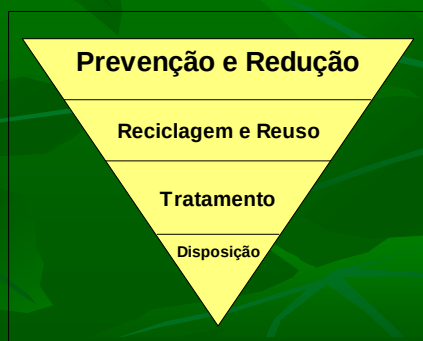


- Fonte: IPT/CEMPRE (2000).

18

Destinação do Lixo

- Hierarquia a ser Adotada para o Gerenciamento Ambiental, com a Introdução do Conceito de Prevenção da Poluição:



19

Destinação do Lixo

- **LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos:**
- Art. 9º - Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

20

Destinação dos Resíduos Sólidos

- LEI ESTADUAL Nº 12.300, DE 16 DE MARÇO DE 2006 – Política Estadual de Resíduos Sólidos:
- Artigo 16 - Os responsáveis pela **degradação ou contaminação de áreas** em decorrência de suas atividades econômicas, de acidentes ambientais ou pela **disposição de resíduos sólidos**, **deverão promover a sua recuperação ou remediação** em conformidade com procedimentos específicos, estabelecidos em regulamento.

21

Destinação dos Resíduos Sólidos



Reuso de Resíduos Sólidos

■ Para mesma finalidade:

- Embalagens retornáveis;
- Recondicionamento de materiais ou equipamentos.



Embalagens e sacolas retornáveis



Recuperação de pneus



Recondicionamento de eletrônicos

Reuso de Resíduos Sólidos

■ Para outras finalidades:

- Dar outras utilidades aos resíduos.



Talude / Móveis de Pneus



Aquecedor de PET / Tecido de PET



Madeira de demolição

Reciclagem de Resíduos Sólidos

■ Reciclagem:

- Tem por objetivo remover do lixo os materiais que podem ser reaproveitados, recuperados ou reprocessados;
- A separação pode ser feita no ponto de geração (residências, comércio, indústria, etc.) ou em estações intermediárias;
- É benéfica pois reduz a quantidade de material a ser disposto no meio ambiente.

26

Reciclagem de Resíduos Sólidos

■ Reciclagem:



- O sucesso dos programas de reciclagem depende:
 - Interesse do poder público;
 - Existência de mercado para absorver os materiais recicláveis;
 - Participação da população, que deve estar consciente das vantagens e dos custos associados à reciclagem, devendo estar motivadas para participar;
 - Segregação adequada dos materiais a serem reciclados (materiais segregados na origem são de melhor qualidade).

27

Reciclagem de Resíduos Sólidos

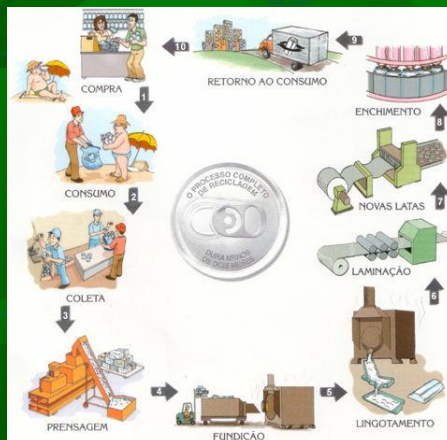
■ Reciclagem:



28

Reciclagem de Resíduos Sólidos

■ Alumínio:



■ Vidro:



29

Tratamento de Resíduos Sólidos

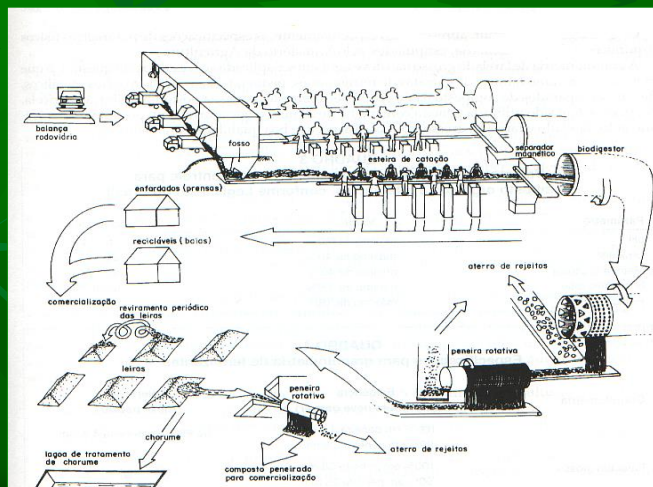
■ Compostagem:

- Utilizada para a estabilização aeróbia da matéria orgânica presente no lixo;
- Realizada em duas fases distintas:
 - Fase Termófila
 - Temperatura → 70 °C;
 - Duração → 2 a 4 semanas;
 - Destruição de organismos patogênicos.
 - Fase Mesófila
 - Temperatura → 30 °C;
 - Duração → 2 a 4 meses;

30

Tratamento de Resíduos Sólidos

■ Compostagem:



31

Tratamento de Resíduos Sólidos

■ Compostagem:



32

Tratamento de Resíduos Sólidos

■ Incineração com Recuperação Energética:

- Redução do volume do lixo pelo processo de combustão em dispositivos específicos (incineradores);
- As cinzas obtidas, em volume bastante reduzido e mineralizadas, são dispostas em aterros, ou tratadas para outros usos;
- A energia térmica do lixo é aproveitada para geração de energia elétrica;
- Necessidade de tratamento dos gases gerados;

33

Tratamento de Resíduos Sólidos

■ Incineração com Recuperação Energética:



35

Consequências da Disposição Inadequada de Resíduos Sólidos

■ Ambientais:

- **DEVASTAÇÃO** DE ÁREAS FLORESTAIS E DE PROTEÇÃO AMBIENTAL;
- **POLUIÇÃO** DE NASCENTES, RIOS, LAGOS E ATÉ MARES E OCEANOS;
- **CONTAMINAÇÃO** DOS SOLOS E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL;

36

Consequências da Disposição Inadequada dos Resíduos Sólidos

■ Ambientais:



Rios Tietê e Pinheiros



Nascentes

37

Consequências da Disposição Inadequada dos Resíduos Sólidos

■ Ambientais:



Rio Citarum (Indonésia)



Lixo no mar

38

Consequências da Disposição Inadequada dos Resíduos Sólidos

■ Sociais:

- SAÚDE PÚBLICA (PROLIFERAÇÃO DE VETORES DE DOENÇAS: INSETOS, RATOS E AVES);
- GERAÇÃO DE FAVELAS PRÓXIMAS AOS LIXÕES;



39

Consequências da Disposição Inadequada dos Resíduos Sólidos

■ Sociais:

■ Doenças:



- **Ratos** → Através da mordida, urina, fezes e da pulga que vive no rato → **Leptospirose, tifo murino e peste bubônica, etc..**



- **Moscas** → Através das asas, patas, fezes e saliva → **Salmonela, cólera, giardíase, amebíase, disenteria, etc..**

40

Consequências da Disposição Inadequada do Resíduo Sólido

■ Sociais:

■ Doenças:



- **Mosquitos** → Através da picada, das asas, patas e fezes → Filariose, dengue, febre amarela, leishmaniose, malária, etc..



- **Baratas** → Por via mecânica → Giardíase, cólera, febre tifóide, etc..



- **Pombos** → Através das fezes → Toxoplasmose, Salmonela, etc..

41

Consequências da Disposição Inadequada do Resíduo Sólido

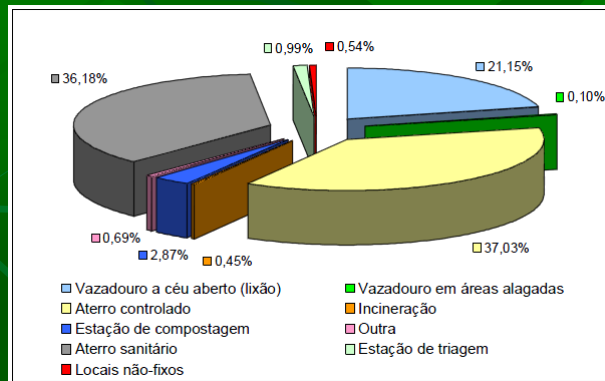
■ Econômicas:

- PERDA DE MATERIAIS PASSÍVEIS DE REUTILIZAÇÃO;
- MAIOR CUSTO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS DE ABASTECIMENTO E RESIDUÁRIAS;
- MAIOR CUSTO NAS OBRAS DE DRAGAGEM (EX: TIETÊ);
- AFASTAMENTO DE TURISTAS.

42

Qual o Destino do Nosso Lixo?

- Porcentagem diária de resíduo sólido coletado no **Brasil**, por unidade de destino final:



- Fonte: IBGE (2002).

43

Principais Formas de Disposição de Resíduos no Brasil

- **Lixão:**
 - 53,3% dos pontos de destino final;
 - 21,2% da massa coletada.
- **Aterro Controlado:**
 - 16,4% dos pontos de destino final;
 - 37,0% da massa coletada.
- **Aterro Sanitário:**
 - 19,9% dos pontos de destino final;
 - 36,2% da massa coletada.

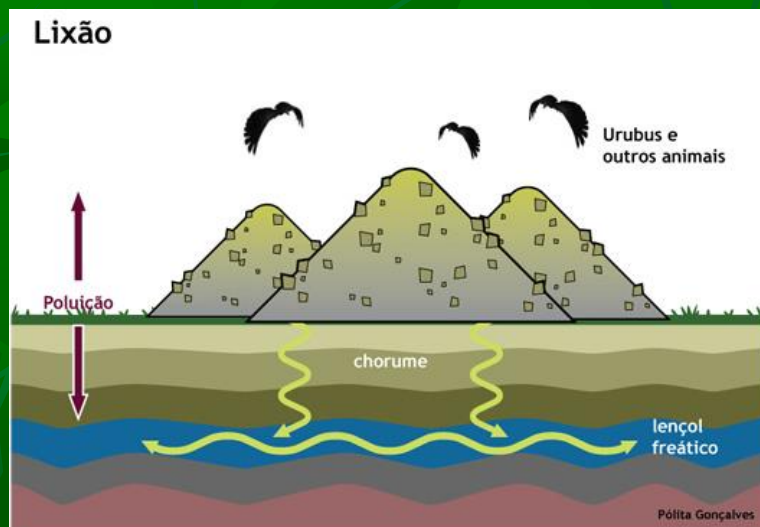
Fonte: IBGE (2002)

44

Lixão, Vazadouro ou Descarga a Céu Aberto:

- 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** (sem impermeabilização do solo e sem cobertura dos resíduos);
- Geralmente **instalados nos piores locais possíveis**, tais como, próximos de nascentes e córregos, em áreas alagáveis, em áreas de preservação ambiental e erosões;

45

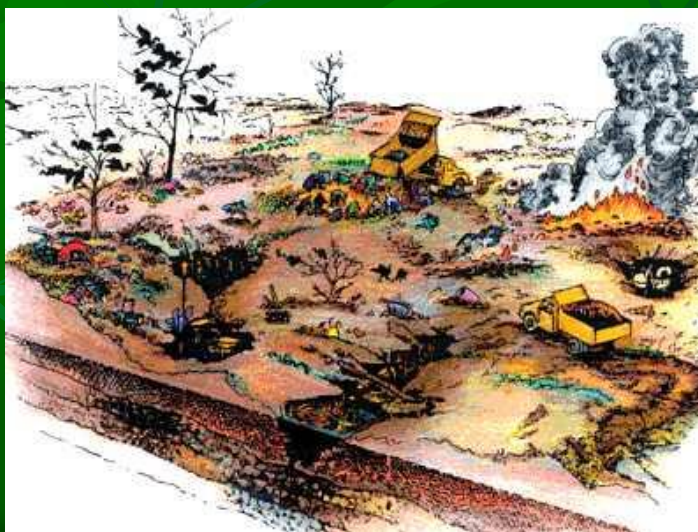


Lixão, Vazadouro ou Descarga a Céu Aberto:

- Não há controle algum no recebimento dos resíduos (tipo e quantidades) e nem quanto ao acesso de pessoas e animais ao lixo;
- A falta de proteção da base e da superfície favorece a infiltração de lixiviados que contaminam os mananciais subterrâneos e o fluxo superficial que contaminam os mananciais superficiais;
- A falta de cobertura favorece a proliferação de vetores de doenças tais como: insetos, roedores e aves, além do espalhamento de lixo pelo vento e do mau cheiro.

47

Lixão, Vazadouro ou Descarga a Céu Aberto:



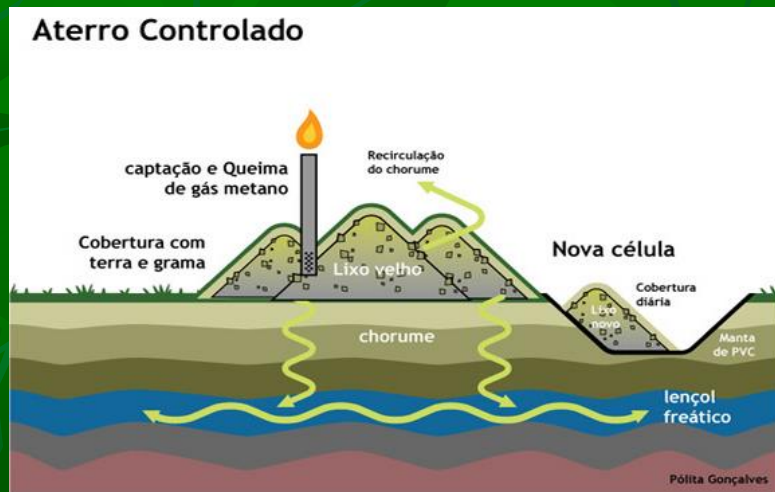
48

Lixão, Vazadouro ou Descarga a Céu Aberto:



Aterro Controlado

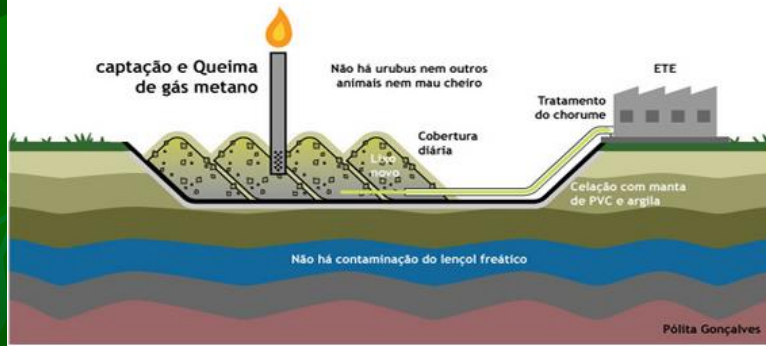
- É uma forma de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo na qual são tomadas **algumas precauções** em relação à execução do aterro, tais como a compactação dos resíduos, a conformação de taludes, cobertura dos resíduos com solo e às vezes instalação de drenos de gases.
- Embora seja uma técnica preferível ao lançamento a céu aberto, **não substitui o aterro sanitário**, pois **permite a contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos através da infiltração de lixiviados**.



Aterro Sanitário

- O aterro sanitário é uma forma de disposição final de resíduos sólidos urbanos no solo, **dentro de critérios de engenharia e normas operacionais específicas**, proporcionando o **confinamento seguro dos resíduos** (normalmente, recobrendo com argila selecionada e compactada em níveis satisfatórios), evitando danos ou riscos à saúde pública e minimizando os impactos ambientais, **desde que construído e operado adequadamente**.
- O aterro sanitário é um passivo ambiental, pois somente confina os resíduos.

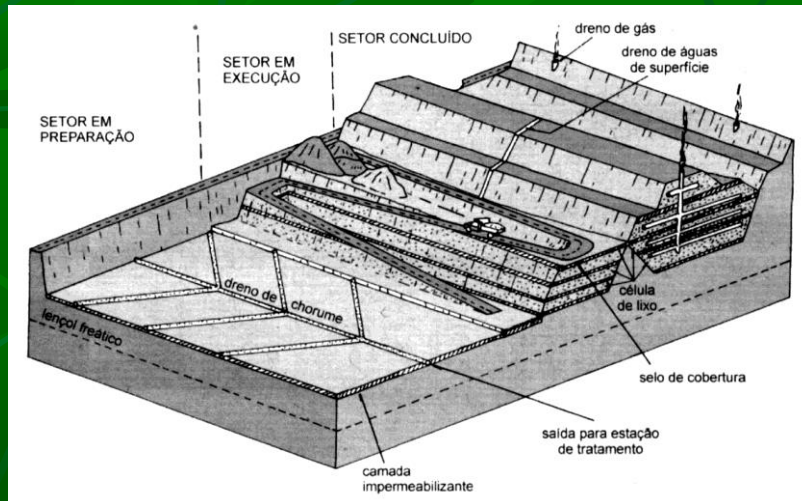
Aterro Sanitário



Aterro Sanitário

- Os critérios de engenharia mencionados materializam-se na impermeabilização prévia do solo e em projetos de sistemas de drenagem periférica e superficial para afastamento de águas de chuva, de drenagem de fundo para a coleta de lixiviado, de sistema de tratamento para o lixiviado drenado, de drenagem e queima dos gases gerados durante o processo de bioestabilização da matéria orgânica.

Aterro Sanitário



Fonte: IPT/CEMPRE (2000).

55

Aterro Sanitário

Classificação Quanto ao Tipo de Resíduo Aterrado:

- Aterro de resíduos Classe I – Aterros Industriais
- Aterro de resíduos Classe II A – Aterros de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)
- Aterro de resíduos Classe II B – Aterros de Resíduos Inertes – Resíduos de Construção e Demolição (RCD).

56

Aterro para Resíduos Classe I (Resíduos Industriais)



Portugal



Proambiental

57

Aterro para Resíduos Classe II A



Aterro Sanitário de São Carlos-SP

58

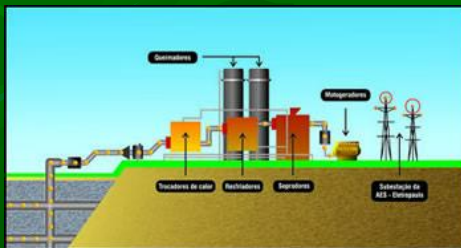
Aterro para Resíduos Classe II A



Aterro Bandeirantes (São Paulo)

59

Aterro para Resíduos Classe II A



Aterro São João (São Paulo)

Fonte: <http://www.gasnet.com.br/conteudo/4578>



Aterro Sanitário - Vantagens

- Custo de instalação e operação menor que o requerido pelas formas de tratamento de resíduos (desde que desconsiderados custos de monitoramento, remediação, impactos, recuperação total da área, etc.);
- Método completo, pois não apresenta rejeitos ou refugos a serem tratados em outras instalações;
- Simplicidade operacional;

61

Aterro Sanitário - Vantagens

- Flexibilidade operacional (funciona bem mesmo ocorrendo flutuações nas quantidades de resíduos a serem aterradas); e
- Dependendo do porte e da localização do aterro, pode ser viável a utilização do metano para geração de energia.

62

Aterro Sanitário - Desvantagens

- Não trata os resíduos, constituindo-se numa forma de armazenamento no solo;
- Não é uma opção econômica quando se leva em consideração todos os custos ao longo de sua existência; (Note: existência e não vida útil!);
- Requer áreas cada vez maiores e mais escassas;
- Se mal operado, atrai aves que atrapalha o transporte aéreo (risco de acidentes);

63

Aterro Sanitário - Desvantagens

- A operação sofre ação das condições climáticas; e
- Requer monitoramento contínuo mesmo após o seu encerramento (gases, recalques, erosão, estabilidade de taludes, efluentes líquidos, etc.);
- Pode liberar metano para atmosfera, que é um dos principais gases de efeito estufa;
- Apresenta risco de acidentes, contaminação do solo e da água subterrânea, quando não for bem construído e/ou operado.

64

Aterro Sanitário - Desvantagens

- Ex: Deslizamento no aterro de Itaquaquecetuba.



Aterros Sanitários - Cuidados

- Controles e cuidados:
 - Pesagem dos resíduos;
 - Manter frente de operação pequena;
 - Cobertura diária dos resíduos;
 - Queima dos gases gerados;
 - Coleta e tratamento dos lixiviados;
 - Monitoramento de águas subterrâneas (poços);
 - Monitoramento de deslocamentos (estabilidade dos taludes);

Lixiviados de Aterros Sanitários (Percolados)

■ Geração:

■ Difícil de ser estimada (métodos imprecisos);

■ Método Suíço;

■ Método Racional;

■ Método do Balanço Hídrico;

■ Método HELP (*Hydrologic Evaluation of Landfill Performance*) - Software;

67

Lixiviados de Aterros Sanitários (Percolados)

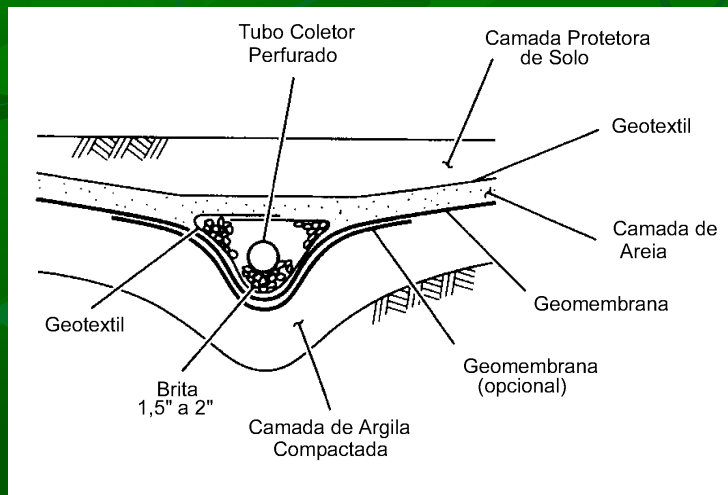
■ Composição:

Parâmetro	Unidade	Faixa
DQO	mg/L	150 – 100.000
DBO ₅	mg/L	100 – 90.000
pH	-	5,3 – 8,5
Alcalinidade	mg CaCO ₃ /L	300 – 11.500
NH ₄	mg/L	1 – 1.500
PO ₄	mg/L	0,3 – 25
Na	mg/L	50 – 4.000
Cl	mg/L	30 – 4.000
Cd	µg/L	0,5 – 140
Ni	µg/L	20 – 2.050
Pb	µg/L	8 – 1.020
Cr	µg/L	30 – 1.600
Hg	µg/L	0,2 – 50

Fonte: ANDREOTTOLA et al., (1.990) apud CHRISTENSEN et al., (1.992).

68

Impermeabilização do Solo



Fonte: TCHOBANOGLOUS (1.993).

69

Impermeabilização do Solo

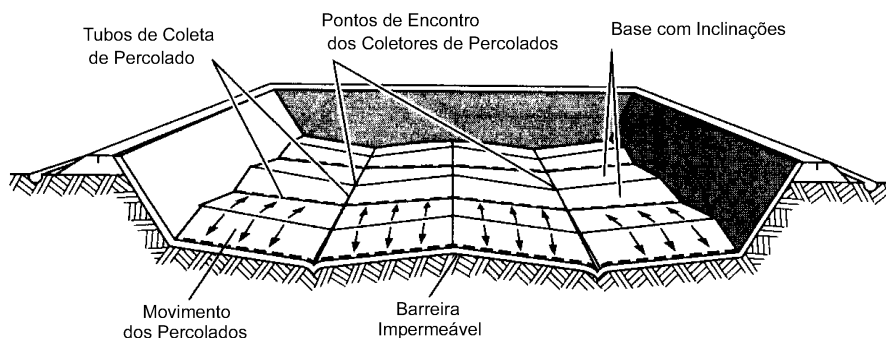


70

Drenagem de Lixiviados



Drenagem de Lixiviados



Fonte: TCHOBANOGLOUS (1.993).

72

Gases de Aterros Sanitários

■ Composição:

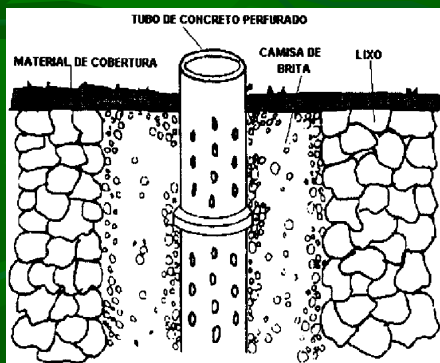
Componente	% (base em volume seco)*
Metano	45-60
Dióxido de Carbono	40-60
Nitrogênio	2-5
Oxigênio	0,1-1,0
Sulfetos, Dissulfetos, Mercaptanas, etc.	0-1,0
Amônia	0,1-1,0
Hidrogênio	0-0,2
Monóxido de Carbono	0-0,2
Constituintes Traço	0,01-0,6

*A distribuição percentual varia de acordo com a idade do aterro sanitário.
Fonte: TCHOBANOGLOUS et al. (1.993).

73

Drenagem de Gases

Queima:



Dreno de Gás



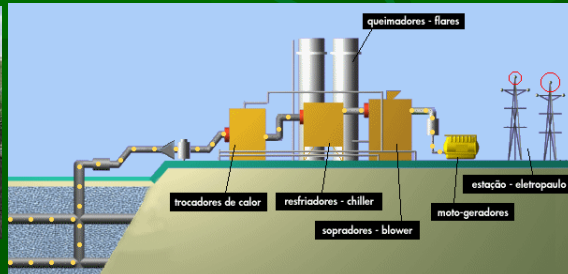
Queimador Convencional

74

Drenagem de Gases

Aproveitamento energético:

- Queima do gás para produção de vapor e geração de energia em turbinas;
- Geração de energia através de motores a combustão interna (necessidade de purificação do gás).

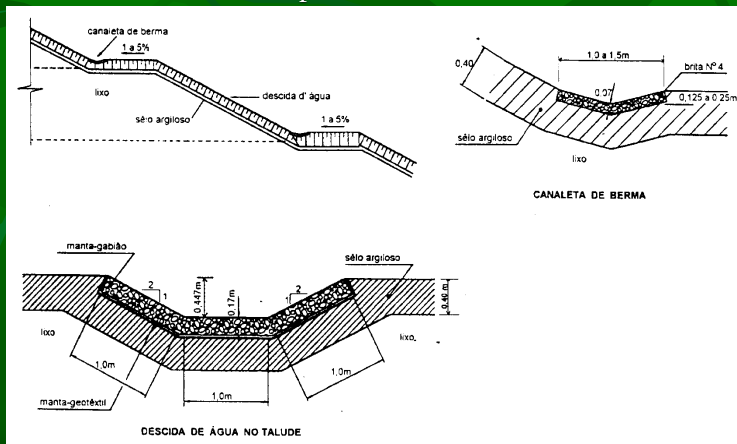


Fonte: <http://blogs.estadao.com.br/andrea-vialli/2008/09>

75

Drenagem de Águas Pluviais

- Canaletas Provisórias e Definitivas:
 - Dimensionamento pelo método racional.



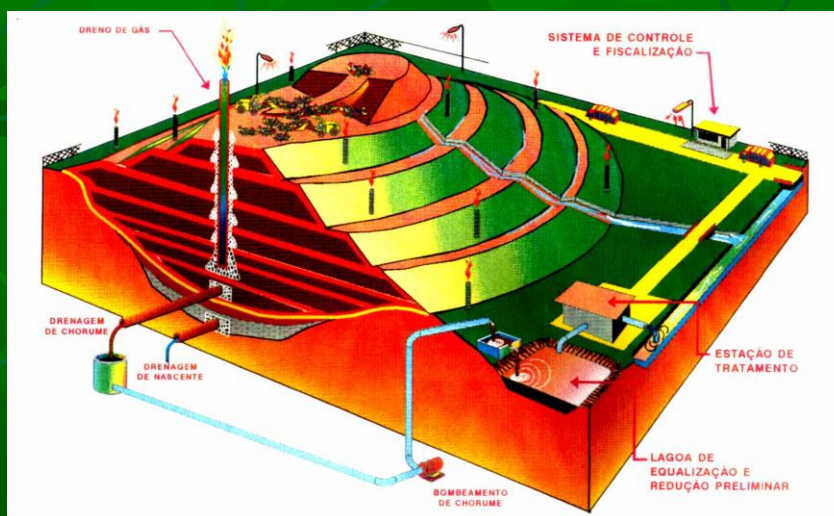
76

Instalações de Apoio

- Isolamentos e cercas;
- Portaria;
- Balança;
- Escritório;
- Refeitório;
- Vestiário e sanitários;
- Galpão para abrigo de veículos;
- Pátio para estocagem de materiais;
- Estradas internas;
- Iluminação noturna;
- Poço e reservatório de água;

77

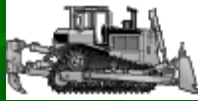
Instalações de Apoio



78

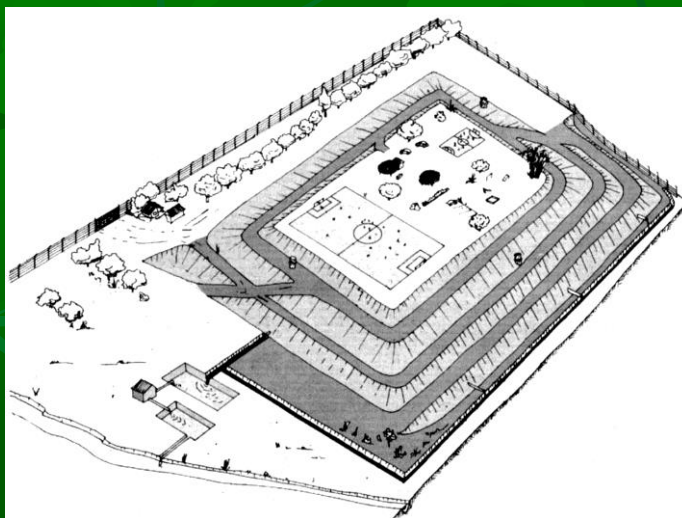
Equipamentos para Operação

- Tratores de Esteiras ou Compactadores;
- Pás-carregadeiras;
- Retroescavadeiras;
- Caminhões Basculante.



79

Encerramento do Aterro



Fonte: IPT/CEMPRE (2000).

80