

**DESCRIÇÃO DE ELEMENTOS GERAIS PARA PROJETOS DE ATERRO SANITÁRIO  
NO MUNICÍPIO DE MOSTARDAS/RS**

**Carolina Faccio Demarco\***, **Thays França Afonso**, **Ana Luiza Bertani Dall'Agnol**, **Érico Kunde Corrêa**, **Robson Andrezza**

\* Universidade Federal de Pelotas, CDTec, Ciência e Engenharia de Materiais. carol\_demarco@hotmail.com

**RESUMO**

A construção de aterros sanitários para RSU é regida por algumas diretrizes, entre elas a ABNT NBR 13896/1997 e ABNT NBR 8419/1992 que fixam condições mínimas para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos, de forma a proteger adequadamente as coleções hídricas superficiais e subterrâneas próximas, bem como os operadores destas instalações e população vizinhas e orientam também a apresentação de projetos de aterros sanitários de RSU. Através dessas normativas é possível a implementação de um aterro sanitário ambientalmente adequado, e nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi apresentar uma descrição de elementos gerais para projeto de aterro sanitário no município de Mostardas/RS. A metodologia baseou-se na descrição básica dos seguintes aspectos: sistema de drenagem superficial, sistema de drenagem e remoção do percolado, sistema de tratamento do percolado, impermeabilização inferior e sistema de drenagem de gás. O presente trabalho apresenta apenas uma descrição básica dos elementos de projeto, sendo necessário realizar o respectivo dimensionamento e especificações para execução do mesmo.

**PALAVRAS-CHAVE:** NBR 13896/1997, NBR 8419/1992, RS, resíduos sólidos

**ABSTRACT**

The construction of landfills for MSW is governed by some guidelines, among them ABNT NBR 13896/1997 and ABNT NBR 8419/1992 which establish minimum conditions for the design, implementation and operation of non-hazardous waste landfills, in order to adequately protect the surface and underground water collections, as well as the operators of these facilities and population, and also guide the presentation of MSW landfill projects. Through these regulations, it is possible to implement an environmentally adequate landfill, and in this context, the aim of this work was to present a description of general elements for landfill project in the municipality of Mostardas/RS. The methodology was based on the basic description of the following aspects: surface drainage system, drainage and percolate removal system, percolated treatment system, bottom waterproofing and gas drainage system. The present work presents only a basic description of the design elements, and it is necessary to carry out the respective sizing and specifications for its execution.

**KEY WORDS:** NBR 13896/1997, NBR 8419/1992, RS, solid waste

**INTRODUÇÃO**

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi instituída pela Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010, a qual dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluído os perigosos. A PNRS apresenta metas como a eliminação de lixões e locais considerados inadequados para disposição, aumento na reciclagem, reutilização, tecnologias sustentáveis e principalmente o Plano de Resíduos Sólidos, que contempla os mais diversos tipos de resíduos gerados, alternativas de gestão e gerenciamento que deverão ser implantados, compatibilizando as ações correspondentes ao crescimento econômico.

A construção de aterros sanitários para RSU é regida por algumas diretrizes, entre elas a ABNT NBR 13896/1997 e ABNT NBR 8419/1992. A primeira é intitulada de “Aterros de resíduos não perigosos – Critérios para projeto, implantação e operação”, ou seja, fixa condições mínimas exigidas para projeto, implantação e operação de aterros de resíduos não perigosos, de forma a proteger adequadamente as coleções hídricas superficiais e subterrâneas próximas, bem como os operadores destas instalações e população vizinhas. Já a segunda NBR é intitulada de “Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos”, com o objetivo de fixar condições mínimas exigíveis para a apresentação de projetos de aterros sanitários de RSU. Através dessas normativas é possível a implementação de um aterro sanitário ambientalmente adequado.

A concepção do projeto do Aterro Sanitário fundamentou-se em critérios de engenharia e normas técnicas específicas operacionais, objetivando minimizar os impactos ambientais e sociais causados pela disposição do lixo no município, além de atender à atual legislação da PNRS (BRASIL, 2010), que inviabiliza o encaminhamento de resíduos para locais senão aterros sanitários.



Mostardas é um município litorâneo, localizado no estado do Rio Grande do Sul. Localiza-se a latitude 31° 06' 25" sul e a uma longitude 50° 55' 16" oeste. Está localizado a 17 metros acima do nível do mar. Mostardas possui uma área territorial de 1.982,992 km<sup>2</sup> e uma população de 12.124 habitantes. Do total populacional, 91% das pessoas residem na área urbana e 9% na área rural. Sua economia é baseada no turismo de verão, pecuária e silvicultura.

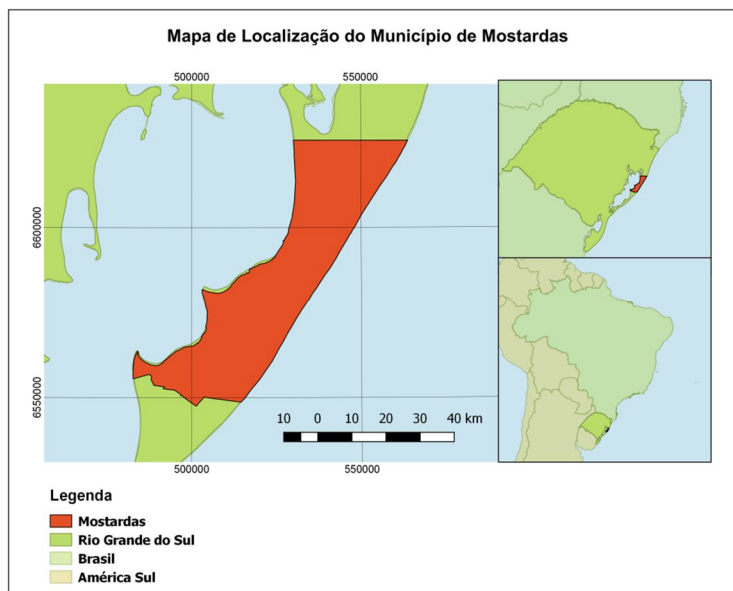


Figura 1: Mapa de localização do município. Fonte: Autor do Trabalho.

A proposta de implantação do aterro sanitário objetiva a adoção de uma solução tecnicamente correta para a destinação dos resíduos sólidos do município, com vida útil estimada em 20 anos.

## OBJETIVOS

Desse modo, o objetivo do presente trabalho é apresentar uma descrição de elementos gerais para projeto de aterro sanitário no município de Mostardas/RS.

## METODOLOGIA

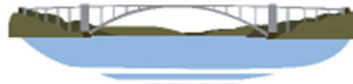
A metodologia utilizada baseou-se no atendimento aos requisitos propostos pela ABNT NBR 8419/1992, intitulada “Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos”. A norma trata das condições mínimas para operação do aterro sanitário, devendo conter nos projetos, especificações e descrições essenciais ao desenvolvimento do empreendimento. Este trabalho apresenta somente uma descrição básica dos aspectos relatados abaixo, sendo necessário realizar o respectivo dimensionamento e especificações para execução do mesmo.

- a) Sistema de drenagem superficial
- b) Sistema de drenagem e remoção do percolado
- c) Sistema de tratamento do percolado
- d) Impermeabilização inferior
- e) Sistema de drenagem de gás

Serão também abordados outros itens essenciais para o funcionamento do aterro sanitário, como as vias de acesso; isolamento da área; sinalização; iluminação; guarita de segurança, portaria e balança rodoviária; bem como equipamentos básicos de operação.

## RESULTADOS

Os elementos de estrutura física e operacional necessários para dar suporte à operação do aterro sanitário estão especificados nos itens a seguir, sendo ilustrados por imagens representativas.



## VIAS DE ACESSO

As principais vias de acesso externas serão as mesmas já existentes no município, as quais são asfaltadas e possuem condições de tráfego sob qualquer condição climática. Já para o tráfego de caminhões e máquinas no interior do aterro sanitário, serão construídas estradas não pavimentadas, cujas condições necessárias ao uso serão mantidas com o uso dos mesmos equipamentos utilizados na operação do aterro. As vias internas podem ser observadas na Figura 2 abaixo.



Figura 2: Exemplo de acessos não pavimentados. Fonte: Google Imagens.

## ISOLAMENTO

Propõe-se a implementação de cerca industrial, com altura de 2,5 m, limitando toda a área do empreendimento, além de implantação de cerca arbórea, com o objetivo de evitar a entrada de pessoal não autorizado, além de propiciar um menor impacto visual, bem como evitar a propagação de poeiras, ruídos e odores.

Para o isolamento da área optou-se por uma tela do modelo Gradil Double, constituída de arames e chapas de aço. Trata-se de um sistema modular de rápida instalação e com alta resistência contra intempéries, ilustrado da Figura 3. O produto tem resistência à ruptura de 400-550N/mm<sup>2</sup>.



Figura 3: Tela do modelo Gradil Double. Fonte: Google Imagens.

## SINALIZAÇÃO

Conforme NBR 19896/97 serão utilizadas as placas de sinalização a seguir (Figura 4), junto à entrada e em diversos pontos da cerca, advertindo que a entrada não é permitida devido a questões de segurança.

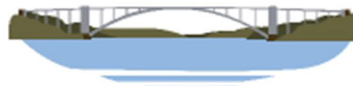


Figura 4: Placa de sinalização de segurança. Fonte: Google Imagens.

## ILUMINAÇÃO

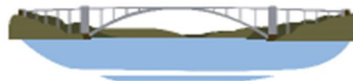
Nos aterros operados em períodos diurno e noturno, é indispensável à existência de um sistema de iluminação na portaria, nos acessos e, principalmente, na frente de operação. Essa medida visa garantir condições de operacionalidade e segurança tanto ao pessoal e aos equipamentos que atuam no aterro, quanto àqueles responsáveis pelo transporte de resíduos (FIGURA 5). A iluminação no interior do aterro, junto à frente de operação, deve ser facilmente transposta para outros locais na medida em que o aterro for avançando.



Figura 5: Iluminação móvel para interior do aterro sanitário. Fonte: Google Imagens.

## GUARITA DE SEGURANÇA, PORTARIA E BALANÇA RODOVIÁRIA

Junto à guarita (FIGURA 6) será realizado o controle de entrada e saída de pessoas, através de funcionário habilitado, presente do estabelecimento 24 horas por dia. Este deverá também estar capacitado para situações de emergência que possam vir a ocorrer nas dependências da instalação.



**Figura 6: Guarita de segurança e estrutura administrativa.**  
Fonte: Google Imagens.

Junto à estrutura de portaria/guarita também irá funcionar a área administrativa composta por: escritório, refeitório, copa, instalações sanitárias e vestiários. Próxima a essa unidade também estará localizada a balança rodoviária, facilitando assim o controle e pesagem dos resíduos (FIGURA 7).

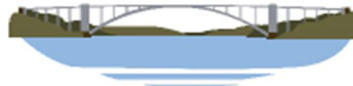


**Figura 7: Balança para pesagem dos caminhões de resíduo.** Fonte: Google Imagens.

### EQUIPAMENTOS DE OPERAÇÕES

Para o andamento adequado do aterro sanitário, além dos caminhões basculantes, outros equipamentos são necessários para uso exclusivo nas operações dos aterros sanitários. O Quadro 1 apresenta um resumo dos mesmos, com as principais características e as funções desempenhadas pelos mesmos.

**Quadro 1: Equipamentos necessários para operação de aterro sanitário.** Fonte: FIOCRUZ, 2001.



EQUIPAMENTO	TIPO	CARACTERÍSTICAS	FUNÇÕES
Trator de esteiras	Movimento de lixo e solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidade da lâmina: 7-50m³</li> <li>Velocidade média: 2-3 Km/h</li> <li>Pressão sobre terreno: 475-590 Km/m²</li> <li>Distância máxima de empuxo: 90m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Espalhar e compactar os resíduos sólidos</li> <li>Obras de terraplanagens</li> <li>Cobertura com terra</li> </ul>
Compactador de lixo	Movimento de lixo e solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidade da lâmina: 11-25m³</li> <li>Compactação: 710-1000Kg/m³</li> <li>Peso: 20-45 Ton.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Espalhamento e compactação de resíduos sólidos</li> </ul>
Pá Carregadeira de esteiras	Movimento de lixo e solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidade da pá: 1-3m³</li> <li>Compactação: 475-590Kg/m³</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Escavar em solo firme</li> <li>Transporte de material até 30m</li> <li>Acertos de terraplanagem</li> </ul>
Escavadeira	Movimento de solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidade da caçamba: 0,1-6m³</li> <li>Alcance: 6-18m</li> <li>Profundidade: 3,75-14m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Escavar, Carregar caminhões e cobrir lixo compactado (trincheiras)</li> <li>Apoio para acertos de terraplanagem</li> </ul>
Draga	Movimento de solo		<ul style="list-style-type: none"> <li>Escavar trincheiras para células</li> <li>Realizar cobertura primária (sem compactação)</li> </ul>
Pá Carregadeira de pneus	Movimento de solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidade da pá: 1,2-20m³</li> <li>Compactação: 530-650 Kg/m³</li> <li>Altura máxima da pá: 4-6m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Escavar em terrenos brandos</li> <li>Carregar material nos caminhões</li> <li>Transportar a distâncias não maiores que 6m</li> </ul>
Retroescavadeira	Movimento de solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidade da pá: 0,7-1m³</li> <li>Alcance: 6,7-9m</li> <li>Profundidade: 4,3-6,5m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Escavar e carregar caminhões</li> <li>Transportar a distâncias curtas</li> </ul>
Motoniveladora	Movimento de solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Direção hidráulica</li> <li>De pneus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construção e manutenção de caminhos, terraplanagens, valetas</li> <li>Nivelamento de camadas de cobertura</li> </ul>
Scraper	Movimento de solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacidade: 9-33m³</li> <li>Velocidade máxima: 30-50 Km/h</li> <li>Peso: 32-75 Ton.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Espalhar camada de cobertura</li> <li>Melhoramento de terrenos</li> <li>Transportar grandes volumes de material</li> </ul>
Rolo pé de carneiro	Movimento de solo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Peso: 6-8 Ton.</li> <li>Largura: 2,4-4,5m</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compactação de solos, terraplanagem</li> </ul>
Rolo pneumático	Movimento de solo		<ul style="list-style-type: none"> <li>Compactação uniforme de solos e subsolos, especialmente siltosos</li> </ul>
Rolos vibratórios autopropulsores	Movimento de solo		<ul style="list-style-type: none"> <li>Compactação efetiva de terraplanagens normais granuladas ou com argila</li> </ul>

Para melhor visualização dos equipamentos e acessórios necessários para o bom funcionamento do aterro sanitário, a Figura 8 representa estes equipamentos.

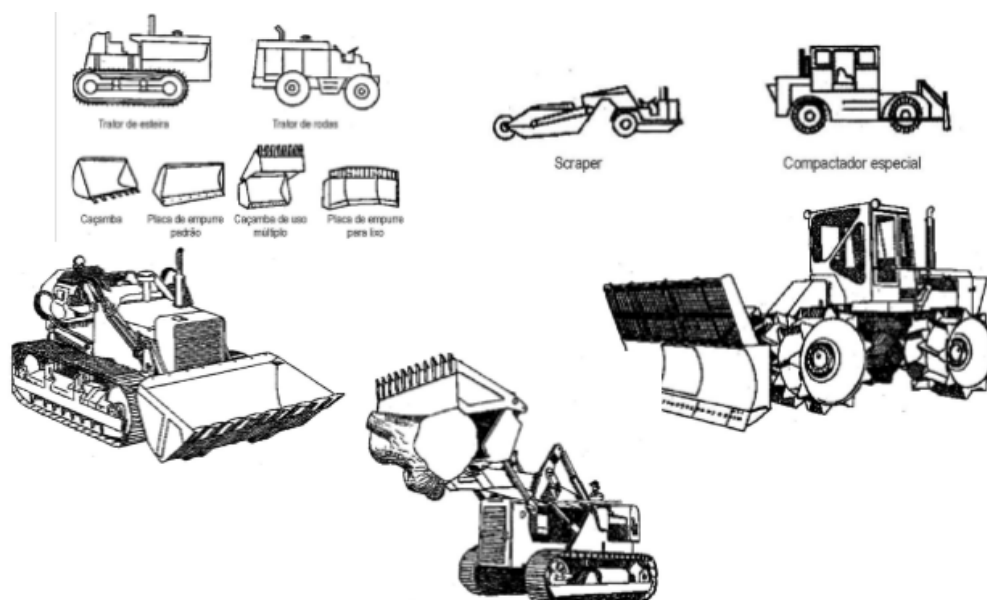


Figura 8: Esquematização dos equipamentos necessários no aterro. Fonte: FIOCRUZ, 2001.

## IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO

A construção de sistemas de impermeabilização em aterros objetiva impedir a infiltração de águas da chuva através da massa de resíduos, após a conclusão da operação de aterramento (impermeabilização superior) e garantir um



confinamento dos resíduos e lixiviados gerados, impedindo a infiltração de poluentes no subsolo e aquíferos subjacentes (impermeabilização inferior ou da base).

Um sistema de impermeabilização deve apresentar as seguintes características: Estanqueidade (que impede a passagem de água), durabilidade; resistência mecânica; resistência a intempéries e compatibilidade com os resíduos a serem dispostos.

A impermeabilização inferior ou de base será realizada com a aplicação de manta geotêxtil (FIGURA 9) e não tecido, da geomembrana de PEAD (Polietileno de Alta Densidade), geomembrana, que combina excelente resistência química, mecânica e ao intemperismo, da camada de areia, do geocomposto drenante e da camada de proteção do aterro, conforme Figura 9. A impermeabilização do resíduo será descrita na seção de operação do aterro sanitário.



Figura 9: Impermeabilização com Geomembrana. Fonte: Google Imagens.

## DRENAGEM E TRATAMENTO DOS GASES GERADOS

Metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) são os principais gases gerados pela decomposição dos RSU em aterros sanitários. Estima-se uma geração de 370 a 400 Nm<sup>3</sup> por tonelada de matéria seca digerida dos resíduos sólidos.

Assim, para o sistema de drenagem de gases de aterros, são utilizados tanto drenos verticais quanto horizontais para a retirada do gás dos aterros (FIGURA 10). Os drenos verticais de gás são os mais utilizados, sendo que, nesse caso, sempre são interligados com os drenos horizontais de lixiviados. Para dimensionar o dreno vertical, podem-se utilizar equações de fluxo de fluídos (neste caso um gás) em meios porosos (brita) ou mesmo em tubulações. Porém, normalmente, adota-se um dimensionamento empírico do sistema vertical de drenos. Assim, os drenos verticais possuem diâmetros que variam de 50 cm a 100 cm, sendo preenchidos com rocha brita 3, 4 ou 5. Aterros maiores e de maior altura podem possuir drenos verticais de até 150 cm de diâmetro.

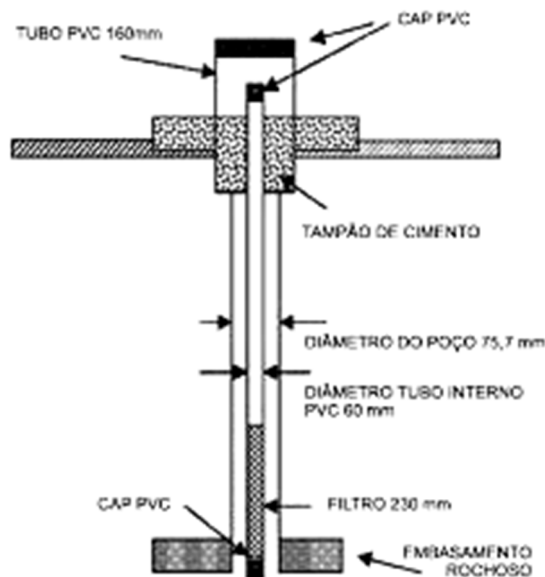
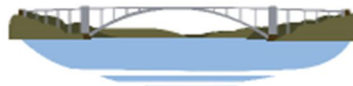


Figura 10: Tubulação de gases. Fonte: Google Imagens.

## DRENOS SUPERFICIAIS

Serão implantadas obras para o escoamento da água pluvial, com o objetivo de diminuir a saturação de água no solo e direcionar o fluxo de água para bacias de infiltração, reduzindo o contato de água com os RSU, diminuindo conseqüentemente, o volume de efluentes a serem tratados. Os dispositivos de drenagem pluvial incluirão canaletas, caixas de passagem e descidas d'água que devem ser mantidos desobstruídos (FIGURA 11). Esta medida também atua como prevenção contra o deslizamento dos taludes.



Figura 11: Drenos superficiais. Fonte: Google Imagens.

## DRENAGEM SUPERFICIAL

O lixiviado é um produto derivado da hidrólise dos compostos orgânicos e da umidade do sistema, com características que variam em função do tipo de resíduos sólidos, da idade do aterro, das condições meteorológicas, geológicas e hidrológicas do local de disposição. Em geral, o lixiviado possui elevada carga orgânica, fontes de nitrogênio – como a amônia – metais pesados e grupos microbianos, devendo, portanto, ser coletado e receber o tratamento adequado.





## ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

Processos de tratamento de esgotos domésticos geralmente tem sido aplicado ao tratamento de lixiviado de aterros sanitários no Brasil. Existe uma grande variedade de tratamentos, que podem ser enquadrados em três grupos: tratamentos físico químicos (floculação, filtração, coagulação, carvão ativado), biológicos (lodos ativados, lagoas, biodiscos, digestão anaeróbia) e alternativos (recirculação, aplicação no solo, combinação com águas residuais).

O tratamento de efluentes gerados no aterro e nas suas unidades será realizado "in situ" através de um sistema de lagoas. O primeiro tratamento será realizado através de uma lagoa anaeróbia, que tem por objetivo degradar a matéria orgânica através da digestão anaeróbia decorrente de microrganismos. Após, o efluente será encaminhado para lagoas facultativas onde este será estabilizado por processos biológicos.

## CONCLUSÃO

O presente trabalho, baseado na ABNT NBR 8419/1992 relatou aspectos essenciais a serem considerados no decorrer do desenvolvimento do projeto de Aterro Sanitário do município de Mostardas/RS. De posse dessas informações, deverá ser desenvolvido um memorial descritivo, juntamente com os outros itens: memorial técnico; cronograma de execução e estimativa de custos; projeto executivo e eventuais anexos que permitam a construção e eficaz operação do aterro por um período de 20 anos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma NBR-8.419**: Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos. Rio de Janeiro; 1992.
2. ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Norma NBR-13.896**: Aterros de resíduos não perigosos - Critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro; 1997.
3. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2010. Institui a **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm). Acesso em 05 de dezembro de 2016.
4. FIOCRUZ. **Manual de Gestão Integrada de Resíduos Municipais e Impactos Ambientais**. São Paulo, 2001.