

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA INCINERAÇÃO  
DE LIXO URBANO: O CASO DE CAMPO GRANDE/MS**

**Dalma Maria Caixeta**

Orientadora: **Prof<sup>ª</sup>. Dr.<sup>a</sup> Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti**

Monografia de Especialização

**Brasília - DF**  
Abril 2005

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

**GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA INCINERAÇÃO  
DE LIXO URBANO: O CASO DE CAMPO GRANDE/MS**

**Dalma Maria Caixeta**

Monografia de Especialização submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília – CDS/UnB objetivando a conclusão do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em resíduos sólidos.

Aprovado por:

---

Prof<sup>a</sup>, Dr<sup>a</sup> Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti  
(orientadora)

---

Prof<sup>a</sup>, Dr<sup>a</sup> Susi Huff Theodoro

---

Prof., Dr. Othon Henry Leonardos

Brasília-DF, 29 de abril de 2005

CAIXETA, DALMA MARIA

Geração de energia elétrica a partir da incineração de lixo urbano: O caso de Campo Grande/MS, 86 p. 297 mm, (UnB-CDS, Especialização, Resíduos Sólidos, 2005)

Monografia do Curso de Especialização em Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável – Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável.

1. Resíduos Sólidos

2. Incineração

3. Educação Ambiental

4. Energia Elétrica

I. Unb-CDS

II. Título (série)

É concedida à Universidade de Brasília permissão para produzir cópias desta dissertação e para emprestar ou vender tais cópias somente com propósitos acadêmicos ou científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Dalma Maria Caixeta

*Dedico esse trabalho a todas as pessoas que, direta ou indiretamente, trabalham com resíduos sólidos e contribuem de alguma maneira para a preservação da natureza.*

## **AGRADECIMENTOS**

À Coordenadora da 4ª CCR da Procuradoria Geral da República, e, na ocasião, Diretora da Escola Superior do Ministério Público da União, Dra. Sandra Cureau, pela possibilidade de realização desse curso.

A todos os colegas da 4ª CCR pelo apoio, contribuições e incentivos indispensáveis à realização desta monografia.

À minha orientadora, Izabel Zaneti, pela disponibilidade, atenção, estímulo e carinho ao longo desse trabalho.

À professora Suzi Theodoro pela firmeza com que coordenou o curso.

Às colegas Sandra Dias, Emília Botelho e Geraldina Salgado pelas revisões e sugestões ao texto.

À colega Luciana Bucci pelas referências bibliográficas.

Ao colega Valdir Filho pela formatação final.

À minha amiga Lucinha pela presença constante.

E, especialmente, ao Teldo, Vítor e Elisa pela compreensão, apoio e amor dedicados.

## RESUMO

A destinação final dos resíduos sólidos urbanos tornou-se um grande problema para as administrações municipais. A cada dia aumenta a geração de resíduos e, com a expansão urbana, diminuem as áreas disponíveis e adequadas para implantar aterros sanitários, aumentando, assim, os custos de transportes e a degradação ambiental pela existência dos lixões. A incineração, com a geração de energia elétrica, surge como alternativa de tratamento do lixo urbano. Esta alternativa é apresentada para solucionar dois problemas: a escassez de áreas destinadas aos aterros sanitários e a geração de energia elétrica. Buscou-se, por meio de pesquisa bibliográfica, conhecer os aspectos ambientais da incineração dos resíduos sólidos urbanos, principalmente quanto às emissões atmosféricas. Verificou-se, ainda, quais projetos de recuperação de energia utilizando incineração do lixo estão sendo desenvolvidos no Brasil. Fez-se um levantamento teórico sobre sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, abrangendo coleta seletiva, catadores e o princípio dos 3 Rs: reduzir, reutilizar e reciclar. O objetivo de um programa de gerenciamento de resíduos socialmente integrado, visando mudar padrões de consumo e produção, pode ser alcançado utilizando-se a Educação Ambiental como instrumento para sensibilizar e conscientizar a população para uma mudança de comportamento. Foram analisadas três propostas técnicas de empresas que concorreram à licitação conduzida pela Prefeitura Municipal de Campo Grande/MS visando a contratação de uma empresa prestadora de serviços de coleta, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos, com posterior geração de energia elétrica. Este processo de licitação veio ao encontro de uma Ação Civil Pública impetrada pelo Ministério Público Federal em face do Município de Campo Grande e da União, tendo em vista a construção de um Presídio Federal em área adjacente ao lixão, o que traria sérios danos e impactos socioambientais à região. Conclui-se que a incineração, com geração de energia, é uma alternativa de tratamento de resíduos sólidos urbanos passível de ser adotada pelos municípios. No entanto, esse processo deve ser empregado com cautela e deve estar inserido em um programa de gerenciamento integrado que promova outras formas de aproveitamento energético dos materiais contidos no lixo, incluindo a coleta seletiva, a reciclagem e uso do biogás.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos; Incineração; Coleta Seletiva; Educação Ambiental; Energia Elétrica

## ABSTRACT

The final disposal of urban solid wastes became a big problem to the municipal services. Every day, the solid wastes increase and, with the urban growth, the suitable and available areas to built landfills reduce. This fact improves the cost of transport and the environmental degradation due the illegal dumping sites. The incineration technique, with electric energy generation, appear as alternative to treat the urban waste. This process come to solve two problems: the insufficient areas to put the garbage and the production of electric energy. From a bibliography research, it was possible to know the environmental problems of incineration of urban solid wastes, mainly, the atmospherics emissions. In addition, it was verified which projects of energy recovery that use urban waste as fuel in the incineration process are been developed in Brazil. A theory review about management of urban solid wastes systems was done and it was included the separate collection, the informal garbage-pickers and the 3 Rs principle: to reduce, to reuse and to recycle. The objective of a management waste program social integrated, wanting to move the consumption and production models, can be reached using the Environmental Education as tool to touch the people and promote a behaviour change. Three technical proposals about the collection and treatment system of Campo Grande's urban solid wastes were analysed. The Public Administration of Campo Grande intended to contract an enterprise for collection and treatment of the garbage with energy generation. This process aimed to promote the recuperation of the degraded site due to illegal garbage dump. The Federal Public Ministry of Brazil interposed a Public Civil Action against the Municipal Administration of Campo Grande because it will be build a Federal Penitentiary beside the dumpsite. The environmental and social impacts derived from garbage dump could harm the person inhabitants on the prison. The incineration technique, with energy generation, is an alternative that can be used to treat the urban solid waste. Nevertheless, the incineration should be used with caution and should be included in an integrated management program that will promote other sources to get energy from the garbage, including the separate collection, the recycling and the biogas.

**Key words:** Solid waste; Incineration; Separate Collection; Environmental Education; Electric Energy

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP – Ação Civil Pública  
CCE – Comunidade Econômica Européia  
CDR – Combustível Derivado do Resíduo  
CECA – Conselho Estadual de Controle Ambiental  
CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem  
CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente  
EA – Educação Ambiental  
ECP – Equipamento de Controle da Poluição  
EIA/RIMA – Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ICP – Inquérito Civil Público  
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas  
MDL – Mecanismo do Desenvolvimento Limpo  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
MPE – Ministério Público Estadual  
MPF – Ministério Público Federal  
PCDD/PCDF – Dioxinas (Policlorodibenzo-p-dioxinas) e Furanos (Policlorodibenzofuranos)  
PEV – Ponto de Entrega Voluntária  
PGR – Procuradoria Geral da República  
RDF – Refused Derived Fuel  
RI – Resíduos Industriais  
RSD – Resíduos Sólidos Domésticos  
RSSS – Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde  
RSU – Resíduos Sólidos Urbanos  
SEMADES – Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável  
SMC – Sistema de Monitoramento Contínuo  
UTE – Usina Termelétrica  
UTH – Usina Termelétrica Híbrida  
UTR – Usina Termelétrica a Resíduo

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
Definição do Problema.....	8
Relevância .....	9
Objetivos .....	10
Metodologia .....	11
Estruturação.....	11
<b>1 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1 INCINERAÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>1.2 PROBLEMAS AMBIENTAIS DA INCINERAÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.2.1 <i>Sistemas de controle de poluição do ar (SCPA)</i> .....	17
1.2.2 <i>Dioxinas e Furanos</i> .....	20
1.2.3 <i>Escória e cinzas</i> .....	23
<b>1.3 INCINERAÇÃO NO BRASIL</b> .....	<b>24</b>
1.3.1 <i>Projetos de Incineração com aproveitamento energético</i> .....	26
1.3.2 <i>Projetos negociados no âmbito do Protocolo de Kyoto</i> .....	31
<b>1.4 INCINERAÇÃO NO EXTERIOR</b> .....	<b>33</b>
<b>1.5 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE A INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS</b> .....	<b>34</b>
<b>1.6 PRÓS E CONTRA DOS PROCESSOS DE INCINERAÇÃO</b> .....	<b>36</b>
<b>2 GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS</b> .....	<b>39</b>
<b>2.1 GERENCIAMENTO DOS RSU E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL</b> .....	<b>40</b>
<b>2.2 LIXO, REJEITO OU RESÍDUOS SÓLIDOS</b> .....	<b>42</b>
<b>2.3 COLETA SELETIVA</b> .....	<b>44</b>
2.3.1 <i>Formas de execução</i> .....	46
2.3.2 <i>Inserção dos Catadores</i> .....	48
2.3.3 <i>Agenda 21 - Princípio dos 3 Rs</i> .....	49
<b>2.4 EDUCAÇÃO AMBIENTAL</b> .....	<b>51</b>
2.4.1 <i>Participação da sociedade</i> .....	52
<b>3 GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CAMPO GRANDE/MS</b> .....	<b>55</b>
<b>3.1 ATUAÇÃO DO MINISTÉRIO PÚBLICO E LEGISLAÇÃO CORRELATA</b> .....	<b>55</b>
3.1.1 <i>Histórico das intervenções do MP no lixão</i> .....	59
<b>3.2 SITUAÇÃO DA ÁREA DEGRADADA PELO LIXÃO</b> .....	<b>61</b>
<b>3.3 EDITAL DE LICITAÇÃO</b> .....	<b>63</b>
<b>3.4 PROPOSTAS APRESENTADAS PARA O TRATAMENTO TÉRMICO DOS RSU DE CAMPO GRANDE</b> .....	<b>65</b>
3.4.1 <i>Consórcio ECOPOLO</i> .....	65
3.4.2 <i>Empresa TRIUNFO</i> .....	69
3.4.3 <i>Consórcio CAMPO GRANDE</i> .....	72
<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>77</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>80</b>
<b>ANEXO</b> .....	<b>84</b>

# INTRODUÇÃO

## Definição do Problema

A disposição final de resíduos sólidos urbanos, em aterros ou lixões, é um problema crescente para as administrações municipais, tendo em vista os elevados custos e a escassez de áreas disponíveis e adequadas, destinadas à implantação de projetos de aterros sanitários, além da degradação ambiental. Portanto, a busca de novas tecnologias para o tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos faz-se necessária e urgente.

Nesse contexto, usinas de incineração, com geração de energia, vêm sendo apresentadas às administrações municipais como uma solução para os problemas de tratamento e de destinação final dos resíduos sólidos urbanos. Adicionalmente, a utilização do lixo urbano em processos de tratamento térmico com recuperação energética vem ao encontro da busca de fontes alternativas, preferencialmente as renováveis, para a geração de energia.

Considerando que Campo Grande está entre os 63,6% de municípios brasileiros que utilizam lixões para a destinação do resíduos urbanos (IBGE, 2002)<sup>1</sup>, o Ministério Público Federal (MPF), em cumprimento a sua definição constitucional, tem atuado para salvaguardar o patrimônio público, o meio ambiente e os direitos sociais.

A partir de denúncias oferecidas por Organizações Não-Governamentais vinculadas aos direitos humanos, o MPF interpôs Ação Civil Pública (ACP) contra o Município de Campo Grande e a União, dada a possibilidade de construção de um presídio federal em local adjacente à área de disposição do lixo da cidade, o que poderia acarretar diversas conseqüências socioambientais.

A propositura da ACP pelo MPF se pautou na Constituição Federal de 1988, artigo 129, inciso III, que atribui como função institucional do MP a proteção do patrimônio público e social, do meio ambiente e dos interesses individuais indisponíveis, homogêneos, sociais, difusos e coletivos. De igual maneira, a Lei Complementar n.º 75/1993, art. 5º, inciso III, reafirma essa função institucional do Ministério Público da União (MPU), e no art. 6º, inciso VII, atribui ao *Parquet* Federal a competência para promover o inquérito civil público e a ação civil pública.

---

<sup>1</sup> Segundo o IBGE, “em número de municípios, 63,6% utilizam lixões e 32,2%, aterros adequados (13,8% sanitários e 18,4% aterros controlados)”, porém, na Tabela n.º 109 (p. 308) consta que a unidade de destinação final do lixo, para o município de Campo Grande, é aterro controlado. Observa-se que, quando da vistoria *in loco*, em maio/2004, muito embora estivesse sendo efetuada a cobertura dos resíduos com material inerte, procedimento que talvez permitisse classificar a área como aterro controlado, a poluição causada pelo chorume, gases, lixo hospitalar a céu aberto etc., confere à área características de lixão (IBGE, 2002, p.51).

Anteriormente a essa intervenção do MPF, o município de Campo Grande já se configurava como réu em outra ACP, impetrada pelo Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul, por meio da qual buscava-se a regularização do processo de licenciamento ambiental da área de disposição do lixo urbano.

A implantação de sistemas de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos caracteriza-se como atividade potencialmente poluidora, para a qual exige-se o prévio licenciamento ambiental e a elaboração de estudos de impacto ambiental. A exigência de processo de licenciamento é definida, na esfera federal, pela Lei n.º 6.938/81 e pelo Decreto n.º 99.274/90 que, respectivamente, instituiu e regulamentou a Política Nacional de Meio Ambiente, assim como pela Resolução CONAMA n.º 237/97. Pode-se ainda citar a Resolução CONAMA n.º 05/88, que dispõe sobre o licenciamento de obras de saneamento, e a Resolução CONAMA n.º 01/86, que estabelece as exigências sobre Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA).

Visando obter uma solução para a gestão dos resíduos sólidos urbanos, e também promover a recuperação da área degradada pelo lixão, a Prefeitura Municipal de Campo Grande iniciou um processo licitatório para a contratação, em regime de concessão, de uma empresa de prestação dos serviços públicos de coleta, tratamento e destinação final dos resíduos domiciliares, comerciais e serviços de saúde, com posterior geração de energia elétrica.

### **Relevância**

O estudo de alternativas que possibilitem apresentar soluções de tratamento e/ou destinação final adequada para os resíduos sólidos urbanos faz-se necessário diante da carência de áreas disponíveis e adequadas para implantar aterros sanitários. A incineração de RSU é apresentada como uma dessas alternativas. Para tanto, não só os impactos ambientais devem ser avaliados, mas também outros processos que promovam a recuperação energética contida no lixo, como reutilização, reciclagem e compostagem.

Oliveira et Rosa (2002) desenvolveram um trabalho sobre Usinas Termelétricas Híbridas, usando combustível fóssil e biomassa residual, cujo balanço de emissões de gases do efeito estufa é nulo. De acordo com esse trabalho, o potencial de redução das emissões das usinas termelétricas a resíduos (UTR), a depender da tecnologia adotada, é nove vezes menor que o nível de poluição das usinas termelétricas a gás natural (UTE). Sendo assim, a energia gerada a partir da queima do lixo teria preços competitivos, havendo, ainda possibilidades de

se obter investimento a fundo perdido através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) do Protocolo de Kyoto.

Considerando que não se pode falar em lixo urbano abordando apenas a fase de tratamento, merecem destaque os aspectos sobre a gestão socialmente integrada para os resíduos sólidos urbanos, principalmente a geração. Os costumes da sociedade atual, com seu estilo de vida baseado em um modelo de desenvolvimento econômico não sustentável, induzem nas pessoas o desejo de consumir mais e mais, de consumir supérfluos que são transformados em necessidades pelo mercado, mas logo se transformam em lixo. Há uma excessiva produção de embalagens e materiais descartáveis, em função de estímulos para aumentar o consumo, pois a embalagem "valoriza" o produto e os descartáveis ocupam o lugar dos bens duráveis. Além da quantidade, há também a variedade de materiais e substâncias químicas estranhas ao ambiente.

Diante desse cenário, a Educação Ambiental surge como um dos instrumentos mais importantes para promover uma mudança comportamental da sociedade (ZANETI, 2003). Por meio da Educação Ambiental, pode-se provocar o incômodo nas pessoas e passá-las de desconhecedoras do problema a participantes (ABREU, 2001). Há inúmeras formas de a sociedade alterar seu comportamento mediante a conscientização e adoção de medidas de manejo dos resíduos sólidos. Entre elas, não se pode deixar de mencionar o princípio dos 3 Rs (reduzir, reutilizar e reciclar), apontado na Agenda 21, elaborada pelos países participantes da Conferência da Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro em 1992.

### **Objetivos**

O uso de tecnologias para o tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos (RSU), com ou sem aproveitamento energético, como solução aos problemas do lixo urbano, ainda é incipiente no Brasil. Nesse sentido procurou-se avaliar tais processos dentro de uma visão mais ampla de sistemas de gerenciamento socialmente integrado dos RSU.

O objetivo geral da pesquisa foi verificar a viabilidade de se utilizar a incineração com geração de energia como alternativa adequada para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos, analisando os danos da aplicação dessa tecnologia sobre a sociedade e o meio ambiente, bem como avaliar as formas de aproveitamento energético do lixo urbano.

Os objetivos específicos foram: analisar as tecnologias empregadas no processo de incineração de lixo com a recuperação de energia; levantar os projetos de incineração implementados no Brasil e no exterior e, por último, verificar a incineração no contexto de um

programa de gestão de RSU que tenha como premissas a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos, englobando a educação ambiental e a inserção dos catadores.

No caso de Campo Grande, o objetivo foi verificar se o tratamento dos RSU com posterior geração de energia, conforme proposta apresentada pela Prefeitura, é a melhor solução técnica para o gerenciamento dos resíduos urbanos e para assegurar a recuperação da área degradada pelo lixão.

### **Metodologia**

A metodologia adotada na pesquisa fundamentou-se em levantamento bibliográfico sobre processos de incineração de resíduos sólidos urbanos, com aproveitamento energético, e respectivos sistemas de controle das emissões atmosféricas e sobre gerenciamento integrado dos RSU com base na coleta seletiva e na educação ambiental. Foram feitas consultas aos documentos constantes de inquéritos civis públicos e ações civis públicas do Ministério Público.

Como caso concreto, fez-se análise das propostas técnicas das empresas que concorreram à licitação da Prefeitura Municipal de Campo Grande sob o enfoque dos impactos ambientais e da adequação do sistema proposto para solucionar não apenas o problema de disposição dos RSU, mas também a recuperação área degradada pelo lixão, tendo em vista a construção do Presídio Federal.

### **Estruturação**

Esta monografia está estruturada em três capítulos. No primeiro capítulo faz-se a apresentação do referencial teórico a respeito dos processos de incineração, abrangendo os problemas ambientais da poluição atmosférica e da disposição final dos resíduos sólidos gerados (cinzas e rejeitos das unidades de triagem). São apresentados os processos de incineração existentes no Brasil, bem como as pesquisas que estão sendo realizada visando gerar energia e reduzir as emissões dos gases do efeito estufa. São apresentadas ainda as principais normas legais sobre incineração e controle das emissões poluentes.

No segundo capítulo consta uma revisão teórica sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos enfocando: a coleta seletiva, o princípio dos 3Rs, a sustentabilidade ambiental, os padrões de consumo, a inserção dos catadores e, por último, a Educação Ambiental como um instrumento do processo de gestão dos RSU.

No terceiro capítulo, procede-se à análise das três propostas técnicas encaminhadas pela Prefeitura Municipal de Campo Grande ao MPF, referentes ao Edital de Licitação para a contratação de uma empresa para prestar os serviços de coleta e tratamento dos resíduos

sólidos urbanos. Analisa-se as tecnologias apresentadas pelas empresas concorrentes para o processo de incineração com geração de energia e para o controle das emissões poluentes (gases e cinzas), e, ainda, quais os procedimentos para recuperação da área degradada pelo lixo.

Finalmente, busca-se correlacionar o tratamento dos resíduos sólidos por meio da incineração e geração de energia com um programa de gerenciamento integrado dos resíduos sólidos, fundamentado no princípio dos 3 Rs, onde se possa priorizar a redução da geração dos resíduos. A Educação Ambiental é apresentada como um possível caminho.

## CAPÍTULO 1

### **GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS**

A incineração dos resíduos sólidos urbanos com aproveitamento energético, quer seja para a geração de energia elétrica quer seja para geração de vapor ou ar refrigerado, é uma alternativa que vem sendo empregada para solucionar os problemas de disposição final dos resíduos sólidos urbanos, principalmente nos países da Europa, Estados Unidos e Japão (GRIPP, 1998).

No Brasil, a incineração teve maior aplicação para o tratamento térmico dos resíduos dos serviços de saúde. Devido à má operação dessas unidades e à falta de controle quanto às emissões atmosféricas, a incineração passou a ser vista com grandes ressalvas não só pelas comunidades locais como por vários profissionais da área ambiental. Sendo assim, a utilização da incineração com aproveitamento energético ainda é bastante incipiente (MENEZES et al., 2000)

Dada a crise energética dos últimos anos e a busca por tecnologias alternativas de geração de energia que venham complementar a matriz energética brasileira, que está calcada na hidroeletricidade, a utilização de resíduos sólidos em processos termelétricos de co-geração ganhou espaço no País. A queima de pneus usados e outros resíduos em fornos de clínquer, inclusive com regulamentação no Conselho Nacional de Meio Ambiente<sup>2</sup>, (CONAMA,1999) e a utilização da biomassa do bagaço de cana em processos de co-geração com gás natural são exemplos dessa busca por novas tecnologias que contribuem para a geração de energia e, ao mesmo tempo, propiciam uma destinação final adequada aos resíduos sólidos.

#### **1.1 INCINERAÇÃO**

A incineração, uma das tecnologias existentes para o tratamento térmico dos resíduos, é a queima por um tempo pré-determinado de materiais em alta temperatura (geralmente acima de 900°C) misturados com uma quantidade de ar apropriada (IPT/CEMPRE, 1995). Nesse processo de destruição térmica da matéria orgânica ocorre a redução de peso e volume do lixo

---

<sup>2</sup> Resolução CONAMA n.º 264 de 26 de agosto de 1999.

através de combustão controlada (LIMA, 1985) e, conseqüentemente, das características de periculosidade e patogenicidade contida nos resíduos. A incineração reduz o volume dos resíduos a aproximadamente 10% do volume original (BIZZO et GOLDSTEIN, 1995), o que é uma vantagem no gerenciamento dos RSU, pois prolonga a vida dos aterros sanitários e diminui a necessidade de áreas municipais destinadas a esse fim.

Menezes et al. (2000) acrescentam que hoje devemos expandir ainda mais esta conceituação, pois a incineração é também um processo de reciclagem da energia liberada na queima dos materiais. Esta energia pode ser convertida para geração de vapor utilizado para aquecimento, refrigeração ou produção de energia elétrica.

Os resíduos sólidos são formados por materiais heterogêneos e anisotrópicos devido às diferentes origens, o que lhes confere características específicas (SALGADO, 1993). Sendo assim, na incineração de lixo urbano há necessidade de se manter um rigoroso controle do processo de combustão, uma vez que o combustível utilizado pode apresentar variações quanto à composição, umidade, peso específico, poder calorífico etc. (GRIPP, 1998).

Não se pode esquecer que pouquíssimos municípios brasileiros possuem coleta seletiva dos resíduos de origem domiciliar e comercial. Com a coleta convencional, a probabilidade dos resíduos urbanos conterem grandes quantidade e variedade de materiais problemáticos à incineração, é bem maior. Mesmo passando por um bom processo de triagem antes de serem transformados em combustível na unidade de geração de energia, dificilmente serão segregados todos os elementos perigosos presentes na massa de resíduos.

Independentemente de haver ou não coleta seletiva, processos de incineração requerem rigoroso controle das emissões gasosas. Portanto, é necessário o emprego de equipamentos de controle de poluição (ECP), de acordo com a melhor técnica disponível<sup>3</sup>, e, ainda, que atenda aos padrões de emissão exigidos pela legislação vigente. Tão importante quanto os ECP é o monitoramento das emissões gasosas pelos órgãos de fiscalização ambiental competentes.

Tais aspectos exigem que usinas de incineração de lixo sejam equipadas com modernos sistemas automatizados para o controle contínuo das variáveis de combustão, tanto nas câmaras de combustão quanto nos equipamentos de controle da poluição utilizados nos tratamentos das emissões gasosas.

---

<sup>3</sup> Melhor técnica disponível: Conforme definido na Resolução CONAMA n.º 316/02 é o estágio mais eficaz e avançado de desenvolvimento das diversas tecnologias de tratamento, beneficiamento e de disposição final de resíduos, bem como das suas atividades e métodos de operação, indicando a combinação prática destas técnicas que levem à produção de emissões em valores iguais ou inferiores aos fixados por esta Resolução, visando eliminar e, onde não seja viável, reduzir as emissões em geral, bem como os seus efeitos no meio ambiente como um todo.

Existem vários tipos de incineradores que dependem dos resíduos que serão incinerados: se Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD), se Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde (RSSS) ou Resíduos Industriais (RI). Nesse trabalho são enfocados os resíduos sólidos domiciliares.

Usinas de Incineração de Resíduos são o conjunto das instalações necessárias para viabilizar o tratamento térmico dos resíduos, podendo apresentar várias concepções em função do tipo de combustível a ser incinerado, do volume e da tecnologia utilizada (GRIPP, 1998). Geralmente essas usinas ficam próximas, ou mesma inseridas, em centros urbanos, onde está a geração dos resíduos, o que requer uma avaliação das vias de acesso, das áreas disponíveis, do uso e ocupação do solo, das características socioambientais do local (aglomerações urbanas, presenças de catadores, características climáticas, existência de nascentes e corpos hídricos etc.).

Conforme descrito pelo IPT/CEMPRE (1995) vários aspectos devem ser verificados quando da escolha do local para se instalar uma usina de incineração, dentre os quais pode-se citar: planos de desenvolvimento para uso futuro da área; proximidades da fonte de geração do lixo e dos mercados consumidores da energia, quando for o caso; zoneamento urbano e sistema viário; acesso a um aterro adequado para a disposição das cinzas e tecnologia de incineração a ser usada.

Dempsey et Oppelt (1987) dividem um sistema de incineração de resíduos perigosos em quatro subsistemas: 1) preparação e alimentação do resíduo; 2) câmara (s) de combustão; 3) controle dos poluentes atmosféricos e 4) manuseio das cinzas/resíduos. A seleção da combinação e os arranjos apropriados para cada usina irão depender das propriedades físicas e químicas dos resíduos a serem incinerados. Essa configuração de usinas composta pelos quatro subsistemas também se aplica às unidades que utilizam os resíduos sólidos urbanos no processo.

Para Gripp (1998) há dois tipos de incineradores que processam o RSD, classificados em função da existência ou não de tratamento prévio do resíduo: a) incinerador de queima direta (*Mass Burn* - MB) onde os resíduos não passam por nenhuma preparação prévia e são encaminhados diretamente para o fosso que alimenta a câmara de combustão; b) incinerador tipo Combustível Derivado do Resíduo (CDR)<sup>4</sup>, onde os resíduos a serem incinerados passam por uma preparação prévia.

---

<sup>4</sup> Em inglês: *Refused Derived Fuel* – RDF

Essa preparação pode ser uma simples retirada dos materiais de maior porte ou trituração e transformação dos resíduos em cubículos, grãos, briquetes etc. Na maioria dos processos de produção do CDR, ocorre a geração de rejeitos que necessitam ser lançados em aterros sanitários. No processamento do CDR, pode-se utilizar parte dos resíduos para a produção do composto orgânico.

Alguns procedimentos operacionais devem ser adotados para verificar o bom funcionamento da usina de incineração e a eficiência do sistema de controle de poluição do ar, tais como: manutenção da temperatura de combustão, das taxas de adição dos reagentes, dos tempos de retenção dos gases e de residência da massa de resíduos; monitoramento das concentrações do monóxido de carbono e da opacidade na chaminé (DEMPSEY et OPPELT, 1987).

## **1.2 PROBLEMAS AMBIENTAIS DA INCINERAÇÃO**

No processo da incineração dos RSU são gerados, basicamente, os seguintes poluentes: a) escória oriunda do forno de incineração composta normalmente por material inerte, inorgânicos e metais; b) cinzas geradas nos equipamentos de remoção de particulados, as quais contém material inerte de granulometria pequena, inorgânicos e metais pesados; c) resíduos, líquidos ou sólidos, a depender do tipo de processo, provenientes dos equipamentos do tratamento dos gases ácidos e d) emissões atmosféricas que são constituídas por gases como gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), óxidos de enxofre ( $\text{SO}_x$ ), óxidos de nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ), oxigênio ( $\text{O}_2$ ), nitrogênio ( $\text{N}_2$ ) e material particulado (MP). Em menor concentrações tem-se o ácido clorídrico (HCl) e o ácido fluorídrico (HF), chamados de gases ácidos, além de os metais pesados (normalmente associado ao MP) e os produtos da combustão incompleta como monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos, dioxinas, furanos etc. (GRIPP,1998).

Na incineração dos resíduos, ocorre a formação de poluentes atmosféricos a partir de processos de combustão, os quais irão depender da quantidade dos elementos enxofre, compostos nitrogenados, cloro e flúor contidos no combustível a ser queimado (lixo ou CDR). O controle das emissões destes gases está associado à redução das fontes desses elementos no incinerador e à instalação de ECP eficientes para a retê-los.

Para o IPT/CEMPRE (1995), além dos métodos de controle da poluição do ar, a separação de materiais como peças de chumbo, folhas de flandres, pilhas, baterias, certos plásticos etc., antes da combustão, pode diminuir as emissões, principalmente as emissões de metais.

Cabe destacar que algumas políticas públicas têm buscado implementar programas com o intuito de diminuir a quantidade de mercúrio nos resíduos sólidos urbanos, reduzindo, por intermédio de campanhas educativas e por meio da reciclagem, a quantidade de resíduos que são fontes desse poluente, como pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes, termômetros, pigmentos etc.

Além do sistema de controle da poluição do ar, é necessário que uma planta de incineração proceda o tratamento dos efluentes líquidos que, resumidamente, consiste em processos de neutralização, regeneração, sedimentação e dessalinização, e também dê um tratamento e destinação final adequada às cinzas e escórias.

### **1.2.1 Sistemas de controle de poluição do ar (SCPA)**

As emissões gasosas oriundas de processos de incineração carregam grandes quantidades de substâncias em concentrações muito acima dos limites que são estabelecidos pela legislação, o que requer um tratamento físico-químico tecnologicamente avançado para promover e neutralizar os poluentes gerados. De forma geral um sistema para a depuração dos gases é constituído por unidades para a lavagem ácida de halogêneos<sup>5</sup>, lavagem alcalina, lavagem de aerossóis e filtros de manga<sup>6</sup>.

Um sistema de controle da poluição do ar deve contemplar o conjunto de equipamentos, a tecnologia empregada, os procedimentos de operação, a manutenção e o monitoramento para que as emissões atmosféricas de uma unidade de incineração de resíduos sólidos atendam aos níveis estabelecidos pelas normas pertinentes e aceitáveis do ponto de vista ambiental (GRIPP,1998).

Os equipamentos de controle de poluição do ar utilizados para tratar as emissões atmosféricas da combustão são agrupados em função das frações das emissões (gases ácidos, orgânicos ou material particulado). As tecnologias empregadas no processo de incineração também fazem parte do controle da poluição do ar, uma vez que técnicas podem ser aplicadas visando melhor desempenho na combustão de resíduos e diminuição das emissões gasosas, sem que necessariamente sejam empregados equipamentos específicos para o tratamento dos gases (*Op. cit.*)

---

<sup>5</sup> Halogênios (do grego hal, "sal", e gen, "produzir") família dos elementos químicos não metálicos: flúor, cloro, bromo, iodo que compõem o grupo VIIa da tabela periódica

<sup>6</sup> Filtros de manga são equipamentos constituídos de material densamente trançado (manga), do tipo feltrado ou tecido cujas fibras podem ser de algodão, nylon, poliéster, lã, acrílico etc., através do qual o gás é forçado a passar. O material particulado é retido na superfície cilíndrica da manga e o gás limpo é direcionado para outro equipamento ou para a atmosfera. (GRIPP,1998)

Os equipamentos de controle para a remoção de material particulado normalmente utilizados são Filtros de Manga, Precipitadores Eletrostáticos<sup>7</sup> e Lavadores Úmidos (IPT/CEMPRE, 1995).

Para o controle das emissões de material particulado, segundo Heimbach<sup>8</sup>, (*apud* GRIPP, 1998) nas mais recentes experiências de incineração de resíduos domiciliares na Alemanha, tem-se utilizado nos filtros de manga, feltro com camada dupla, uma de suporte e uma membrana de cobertura, porém com diâmetro das fibras diferente, o que confere maior eficiência ao equipamento.

Os lavadores úmidos, embora tenham sido os primeiros tipos de equipamentos de controle de poluição utilizados para a remoção de particulados nos processos de incineração de RSD, posteriormente passaram também a ser usados na remoção de gases ácidos. Conforme IPT/CEMPRE (1995, p.228), "*as unidades de controle de gás ácido são geralmente chamadas de scrubbers. Scrubbers de spray de cal seguidos por filtro-manga são considerados a melhor tecnologia de controle de gás ácido*".

Segundo Gripp (1998) os lavadores úmidos são raramente adotados nos EUA, sendo que na Europa e no Japão são empregados principalmente para a remoção de gases ácidos, especialmente o HCL (ácido clorídrico) e HF (ácido fluorídrico). Relata, ainda, que esta tecnologia tem limitações devido ao seu alto custo de manutenção que é função da deposição de sólidos no reator, da formação de pluma de vapor no fluxo gasoso e da produção de resíduo líquido.

Também são utilizados para o controle dos gases ácidos o pulverizador de absorvente seco (Spray Dry Absorber - DAS) com o emprego de cal (CaO), e a injeção de adsorvente seco (Dry Sorbent Injection - DSI) onde normalmente usa-se a cal hidratada (Ca(OH)<sub>2</sub>) ou o bicarbonato de sódio (NaHCO<sub>3</sub>) que são injetados diretamente na câmara de combustão com o resíduo a ser incinerado (*Op. cit.*).

Além dos equipamentos de controle das emissões gasosas e das tecnologias utilizadas, a eficácia de um sistema de controle de poluição do ar requer um monitoramento contínuo, não apenas das emissões atmosféricas como também da operação do incinerador. Para isso um sistema de monitoramento contínuo deve ser instalado e equipado para medir e gravar os

---

<sup>7</sup> O processo de precipitação eletrostática consiste em desenvolver um campo não uniforme, que acelera os elétrons presentes no gás causando o carregamento elétrico das partículas ali presentes. As partículas carregadas negativamente são depositadas no eletrodo de coleta (placas positivas) (GRIPP, 1998)

<sup>8</sup> HEIMBACH, J. T., 1995 *apud* GRIPP, W. G., 1998.

vários parâmetros, para que estejam em conformidade com as normas legais vigentes e que não afetem a qualidade do ar e conseqüentemente a saúde da população.

Os Sistemas de Monitoramento Contínuo (SMC) são requeridos ou utilizados na medição contínua dos gases de combustão: CO, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e HC; recentemente tem-se utilizado também monitores para HCl e opacidade (DEMPSEY et OPPELT, 1987).

De acordo com a legislação canadense CCREM<sup>9</sup> (*apud* GRIPP, 1998), no sistema de controle de poluição do ar, quando a temperatura de operação é baixa (temperatura de entrada no dispositivo de controle do MP na faixa de 140° C), a eficiência da remoção do MP é alta e é garantida a condensação de traços orgânicos e substâncias metálicas. Ao controlar as emissões de certos contaminantes como MP, HCl, CO e PCDD/PCDF (dioxinas e furanos)<sup>10</sup>, pode-se inferir que os níveis de emissão de outras substâncias como SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, Pb, Cd, Hg, As e Cr estarão dentro dos níveis aceitáveis de emissão. Condições adequadas de operação da incineração e do sistema de controle de poluição do ar, garantirão baixos níveis de emissão. Também, ao melhorar as taxas de remoção de MP, haverá redução das emissões de traços orgânicos que aderem às superfícies das partículas.

Por outro lado, alguns poluentes como metais pesados, hidrocarbonetos e organoclorados são gerados por não serem eliminados completamente ou porque se formaram durante a incineração, conforme se verifica na descrição de Gripp:

durante a incineração de RSD ocorre a formação de diversas espécies metálicas ao longo do processo, haja vista sua inserção num complexo mecanismo termoquímico, com ocorrência de fenômenos como a coagulação, condensação e nucleação de espécies metálicas voláteis (GRIPP, 1998, p.99).

Os equipamentos de controle de poluição do ar nem sempre conseguem remover metais pesados, principalmente mercúrio, cádmio e chumbo oriundos da incineração dos RSD devido as características físico-químicas, como por exemplo temperaturas de volatilização relativamente baixas (*Op. cit.*).

Em estudos realizado por Vogg et al. (*apud* GRIPP, 1998)<sup>11</sup> referente ao balanço de massa de cádmio e mercúrio na incineração de resíduos sólidos municipais, verifica-se que 5% do cádmio que entra no processo sai no gás limpo após tratamento, 30% sai na escória e

<sup>9</sup> CCREM-CANADIAN COUNCIL OF RESOURCE AND ENVIRONMENT MINISTERS, 1991 *apud* GRIPP, W. G., 1998

<sup>10</sup> Dioxinas (Policlorodibenzo-p-dioxinas – PCDD) e Furanos (Policlorodibenzofuranos – PCDF) têm estrutura molecular formadas por 2 anéis benzênicos ligados por 2 (dioxinas) ou 1 (furano) átomo de oxigênio, permitindo que o elemento cloro (Cl) esteja presente numa quantidade que pode variar de 1 a 8 átomos (GRIPP, 1998).

<sup>11</sup> VOGG, H.; BRAUN, H.; METZGER, M.; SCHNEIDER, J., 1988 *apud* GRIPP, W. G., 1998.

65% fica junto às cinzas retidas nos filtros. Para o mercúrio, tem-se que 70% do que entra no incinerador sai com o gás limpo, 20% na escória e 10% nas cinzas dos filtros. Entretanto, Gripp (1998) argumenta que atualmente, com o desenvolvimento de tecnologias específicas de remoção de mercúrio em incineradores mais modernos, o índice de Hg nas emissões gasosas tem atingido valores de 10% a 15%.

Outro poluente a ser considerado é o NO<sub>x</sub> que, dentre outras origens, pode ser formado a partir do N<sub>2</sub> presente no ar que é injetado durante a combustão (NO<sub>x</sub> térmico). Porém, isso só ocorre mais intensa e significativamente em temperaturas elevadas (cerca 1.400°C), o que não é comum em processos de incineração de RSD (*Op. cit.*). Para o controle das emissões de NO<sub>x</sub>, é importante manter o processo de combustão (temperatura de chama, concentração de oxigênio, umidade da fornalha, tempo de retenção etc.) em níveis adequados, o que irá reduzir a geração desse poluente.

Em processos onde a combustão não completa a oxidação de todo o combustível, ocorrerá a emissão de produtos da combustão incompleta (PCI), gerando compostos orgânicos, dentre os quais destacamos o monóxido de carbono (CO), carbono finamente dividido (LIMA, 1985) e os chamados hidrocarbonetos poliaromáticos (PAH), estes geralmente oriundos dos plásticos existentes nos RSD, que não completaram todo o processo de combustão (GRIPP, 1998).

### **1.2.2 Dioxinas e Furanos**

As dioxinas e furanos são substâncias organocloradas, algumas das quais possuem compostos altamente tóxicos. Podem estar presentes no resíduo ou serem formadas sob certas condições durante o resfriamento dos gases incinerados (temperaturas na faixa de 300°C ) ou, ainda, durante a ocorrência de irregularidades operacionais que prejudicam o processo de incineração (IPT/CEMPRE, 1995).

Conforme descrito por Gripp (1998), as dioxinas e os furanos constituem-se num grupo químico encontrado principalmente em regiões urbanizadas e/ou industrializadas. Tais substâncias fazem parte do grupo de Poluentes Orgânicos Persistentes, denominados POP, e são subprodutos formados a partir de processos industriais e de incineração, mas também originam-se de queimadas e da queima de combustíveis em veículos, podendo as emissões serem transportadas a longas distâncias por correntes atmosféricas, pelas águas dos rios e correntes marinhas (SENAGA, 2005). Para Bizzo et. Goldstein (1995), de todas as fontes de combustão, a incineração de resíduos sólidos municipais tem sido uma das maiores fontes de emissão de dioxinas.

Segundo Bizzo et Goldstein (1995), essas substâncias são tidas como altamente tóxicas e existe grande controvérsia a respeito de seus efeitos e de sua verdadeira periculosidade, que tem sido alimentada pela falta de dados científicos suficientes para os limites de concentração toleráveis à vida humana.

Para a agência ambiental americana, *Environmental Protection Agency* (EPA), o limite total de dioxinas e furanos permitidos para incineradores de lixo municipal com capacidade igual ou maior que 250 t/dia é de 30 ng/Nm<sup>3</sup> (nanograma por normal metro cúbico); na Alemanha o limite para incineradores de resíduos perigosos é de 0,1 ng/Nm<sup>3</sup> TEQ (unidade de equivalência de toxicidade que tem como referência a 2,3,7,8 tetracloro dibenzo-para-dioxina) (IPT/CEMPRE, 1995). A Resolução CONAMA n.º 316/02, que dispõe sobre o tratamento térmico de resíduos, estabeleceu para este parâmetro o valor de 0,50 ng/Nm<sup>3</sup> (art. 38, inciso III.6). Em São Paulo, o padrão de emissão é mais restritivo, sendo adotado 0,14 ng/Nm<sup>3</sup>.

Cabe observar que a primeira entidade pública que realizará análise para determinar os teores de dioxina e furano será a CETESB, tendo em vista o Convênio firmado com a Secretaria de Controle Ambiental do Ministério do Meio Ambiente, publicado no Diário Oficial da União em 31 de dezembro de 2004, para a implantação de um laboratório de análises de dioxinas e furanos (SENAGA, 2005).

Estes compostos passaram a ter notoriedade a partir do acidente ambiental ocorrido em Seveso, no norte da Itália, no ano de 1976, quando ocorreu problema na caldeira de uma indústria que produzia hexaclorofeno, deixando escapar uma nuvem de fumaça tóxica, que durante quatro dias matou 50 mil animais e obrigou 7 mil habitantes a deixarem a cidade<sup>12</sup>. O herbicida desfolhante chamado agente laranja, usado pelos EUA na Guerra do Vietnã também continha em sua composição dioxina em concentrações elevadas.

Dado o elevado grau de toxicidade das dioxinas e furanos, os problemas de saúde e a quantidade de emissões detectadas, pesquisas vem sendo desenvolvidas por diversos países impulsionados pela necessidade de maior conhecimento dos mecanismos de formação e dos equipamento de controle das emissões gasosas.

De acordo com os estudos apresentados por Gripp (1998), é possível minimizar a formação e emissão de dioxinas e furanos a partir da adoção de procedimentos para que se obtenha um processo de combustão adequado, tais como: controle da quantidade e distribuição do ar, utilização de combustível auxiliar, quando necessário, controle da

---

<sup>12</sup>**Substância violenta criada pelo homem: o derradeiro alerta.** Disponível em: <<http://www.segurancamao.com.br/info/dioxina.htm>> Acesso em: 29 mar.2005.

temperatura e da taxa de alimentação de resíduos e baixa geração de material particulado. Outros fatores destacados pelo autor foram: o controle dos níveis de cloro nos resíduos a serem incinerados; a manutenção de temperaturas elevadas na câmara de combustão de gases (na faixa de 1.900 a 2.000°C) e o rápido resfriamento (com pequeno tempo de residência) dos gases de pós-combustão a temperaturas abaixo de 260°C.

O resfriamento brusco dos gases logo após a combustão é também a solução apresentada pelo IPT/CEMPRE (1995), porém fazendo a ressalva de que essa técnica pode ser conflitante com a estratégia de recuperação de energia. Acrescenta, ainda, que caso o resfriamento não seja possível, um adequado sistema de tratamento dos gases removerá as dioxinas juntamente com o material particulado.

Segundo Gripp (1998), o enxofre pode inibir a formação de dioxinas e furanos. Há estudos que sugerem que os RSD possam ser incinerados juntamente com carvão, uma vez que este último contém alto teor de enxofre. Para Bizzo et Goldstein (1995) a injeção de amônia após a câmara de combustão e a utilização de lavador a seco com solução de cal e filtro de mangas podem controlar a formação das dioxinas.

Gripp (1998) avalia que, por serem as dioxinas e furanos compostos químicos altamente tóxicos e com alto poder de provocar dano à saúde humana, quando da implantação de empreendimentos passíveis de liberar tais compostos, como é caso de incineradores de RSU, haverá necessidade de se realizar um estudo de Análise de Risco, visando estimar a probabilidade da população sofrer efeitos adversos devido às emissões poluentes.

Rappe et al. (*apud* GRIPP,1989)<sup>13</sup> analisaram amostras de leite de vaca de seis diferentes regiões da Suíça e encontraram que os maiores níveis de concentração de dioxinas e furanos foram detectados nas amostras procedentes dos locais próximos a incineradores, inferindo com esses resultados a importância da exposição indireta da dioxina via cadeia alimentar.

As dioxinas e furanos oriundas das emissões atmosféricas depositam-se sobre a superfície do solo, das plantas e se diluem na água. A absorção pelas plantas é desprezível, porém os peixes e animais, ao se alimentarem, ingerem as substâncias que estão na superfície das plantas e na água, contaminando suas carnes e subprodutos consumidos pelo homem.

Para Gripp (1998) o risco contaminação do homem por dioxinas ocorre principalmente por meio da ingestão (98%), sendo que, através da inalação, o risco é de 2%. Bizzo e

---

<sup>13</sup> RAPPE, C; NYGREN, M.; LINDSTRÖM, G., 1987 *apud* GRIPP, W. G., 1998.

Goldstein (1995) relatam este mesmo índice por meio da ingestão e acrescentam que não estão identificadas as fontes de contaminação da cadeia alimentar.

### 1.2.3 Escória e cinzas

As cinzas são produtos da incineração e constituem-se da porção inorgânica e da matéria não-combustível presente no lixo. Há dois tipos de cinzas: as de fundo que são resultantes da combustão e consistem nos materiais não-combustíveis (denominadas por alguns autores como escória) e as cinzas suspensas retidas pelo sistema de controle das emissões gasosas, também denominadas de cinzas volantes. As primeiras correspondem de 75 a 90% de toda cinza gerada dependendo do tipo das instalações e do tipo de combustível, se RSD, RSSS, RI ou outros.

A maior preocupação quanto à disposição final das cinzas está relacionada ao metais pesados e outros materiais orgânicos não destruídos, presentes em níveis de traço (DEMPSEY et OPPELT, 1987). Sua destinação a aterros requer que sejam realizados testes para a caracterização dos resíduos, principalmente o de lixiviação que irá medir os contaminantes no extrato dos resíduos, antes de se definir a solução a ser adotada.

Segundo Anon<sup>14</sup> (*apud* GRIPP, 1998), normalmente, a escória e a cinza são consideradas resíduos perigosos, principalmente as cinzas por possuírem maior concentração de metais pesados do que a escória. Por ser um resíduo classificado como perigoso, tem-se que:

Os cuidados com a escória e as cinzas são necessários desde o seu manejo na usina de incineração até a sua correta disposição ou estabilização. O método mais corrente de disposição é o que se dá através do seu apropriado aterramento: ou de maneira individual (um aterro específico para escória e outro aterro específico para cinzas), ou de maneira conjunta (um aterro para a mistura de escória e de cinzas), ou ainda através da codisposição com RSD (escória com RSD ou mistura de escória/cinzas com RSD). Ao se aterrar escória e/ou cinzas, as precauções são tomadas em função da sua potencial periculosidade no que se refere à contaminação de solos e aquíferos devido à solubilização e lixiviação dos seus contaminantes (GRIPP, 1998, p.90).

Conforme constatado por Hjelm<sup>15</sup> (*Op. cit.*) a codisposição de escória e cinzas juntamente com RSD, do ponto de vista técnico, é problemática pois o líquido percolado (chorume) gerado pelas cinzas e escória é de natureza inorgânica ao passo que no percolado oriundo dos RSD predomina compostos orgânicos, o que requer tratamentos distintos para os

<sup>14</sup> ANON., 1988 *apud* GRIPP, W. G., 1998.

<sup>15</sup> HJELMAR, O., 1989 *apud* GRIPP, W. G., 1998

efluentes gerados. Sawell e Constable<sup>16</sup> (*Op. cit.*) também concluíram que a escória não deve ser disposta em aterros sanitários juntamente com os RSD.

Quanto aos efluentes líquidos provenientes dos lavadores de gases também é necessário que seja implantado um tratamento específico para os mesmos. Os resíduos gerados nesse processo de tratamento (lodo), muitas vezes, recebem a mesma destinação conferida às cinzas volantes, como pode ser verificado no trabalho de Dempsey et Oppelt (1987).

### 1.3 INCINERAÇÃO NO BRASIL

Conforme relatado por Lima (1985), no Brasil, o primeiro incinerador foi construído na cidade de Manaus, em 1896, pelos ingleses e tinha capacidade para processar 60 t/dia de lixo doméstico. Foi desativado em 1958 por não mais atender às necessidades locais e por problemas de manutenção. Em São Paulo, em 1913, foi instalado um incinerador especial, com capacidade para 40 t/dia de lixo, provido de um sistema de recuperação de energia (uma caldeira e um alternador), que devido a problemas de adaptação à rede elétrica foi desativado e substituído por motores elétricos convencionais. Este último foi desativado em 1949 e demolido em 1953 (CETESB, 1997).

As tecnologias tanto desses primeiros incineradores municipais no Brasil, quanto daqueles que foram instalados em São Paulo em 1959 e 1967, na região de Vergueiro e no Bom Retiro, respectivamente, (LIMA, 1985), eram antigas e não atendiam aos padrões de controle de poluição exigidos pela legislação vigente.

Na década de 1950, com o surgimento da construção de prédios de vários pavimentos nas cidades de maior porte, foram implantados vários incineradores prediais para queimar o lixo gerado nos apartamentos, porém foram banidos entre 1969 e 1970 por não possuírem nenhum controle do processo de incineração (CETESB; MENEZES et al., 1997, 2000).

De acordo com Gripp (1998) a incineração de resíduos sólidos domiciliares no Brasil é praticamente inexistente e apenas os incineradores de Vergueiro e Ponte Pequena funcionavam, cada um, com capacidade de 300 t/dia. Ambos incineraram em 1993 um total de 72.991,97 t de resíduos, sendo 28.107,27 t de RSD, que correspondiam a 1,16% dos resíduos sólidos domésticos tratados e/ou dispostos no município de São Paulo (PROEMA, 1994, *apud* GRIPP, 1998).

---

<sup>16</sup> SAWELL, S. E.; CONSTABLE, T. W., 1989 *apud* GRIPP, W. G., 1998

Os primeiros incineradores no Brasil se enquadravam dentro da primeira geração, com tecnologia ultrapassada, cuja função principal das plantas era reduzir o volume do lixo, sendo que os gases gerados eram lançados diretamente na atmosfera, sem tratamento. Nos dias atuais, diante das exigências da legislação ambiental e da mobilização da opinião pública por meio de entidades ambientalista, são inconcebíveis tais sistemas.

No mundo inteiro, a evolução das tecnologias de incineração e dos próprios incineradores com a aplicação de práticas como: alimentação contínua de combustível, aperfeiçoamento do controle de combustão, uso de câmaras múltiplas e a instalação de sistemas de controle da poluição, dentre outras, aumentaram a eficiência do processo, propiciando uma diversificação dos usos de incineradores de resíduos (DEMPSEY et OPPELT, 1987).

Menezes<sup>17</sup> (*apud* MENEZES et al., 2000) apresenta quatro estágios de desenvolvimento dos incineradores. A última geração de incineradores, de 1990 até os dias atuais, possui sofisticados sistemas de tratamento de gases, contemplando a remoção de poluentes como NOx, dioxinas e furanos, e também tecnologias de tratamento para a produção de resíduos finais inertes, que podem ser reciclados ou dispostos no meio ambiente sem causar problemas como a tecnologia de plasma térmico (*Op. cit.*).

Verifica-se que o avanço da tecnologia tem ocorrido também nos processos de pré-tratamento do lixo a ser incinerado (produção do CDR) visando aumentar a homogeneização, diminuir a umidade e aumentar o poder calorífico, bem como nos processos de combustão.

A implantação de incineradores no Brasil teve maior projeção para o tratamento de resíduos classificados como especiais (aeroportuários, hospitalares e industriais). Com isso, verifica-se que a incineração no país ainda se caracteriza pela grande quantidade de incineradores de pequeno porte, instalados principalmente em hospitais, os quais operam de forma precária, sem manutenção adequada e sem controle das emissões atmosféricas.

Quanto aos resíduos industriais ou perigosos<sup>18</sup>, classe 1 conforme NBR 10.004 (ABNT, 1993), a maioria dos incineradores está com sua capacidade de processamento ociosa, sendo ainda mais agravante o fato de que 66% dos resíduos industriais coletados não têm coleta especial e se misturam ao lixo comum (GRIPP, 1998).

---

<sup>17</sup> MENEZES, R. A., out/1999 *apud* MENEZES, R. A. A.; GERLACH, J. L.; MENEZES, M. A., 2000.

<sup>18</sup> Conforme Menezes et ali. (2000), as principais unidades instaladas no Brasil estão localizadas, principalmente no Estado de São Paulo: BASF em Guaratinguetá, CIBA em Taboão da Serra, RHODIA em Cubatão, SILCON em Paulínea, CLARIANT (antiga HOESCHT) em Suzano e ELI LILLY em Cosmópolis. Em outros Estados: BAYER em Belfort Roxo/RJ; CETREL em Camaçari/BA; CINAL em Marechal Deodoro/AL e KOMPAC em Fortaleza/CE

No Brasil o processo de incineração ganhou o conceito de poluidor, nocivo à saúde e prejudicial ao meio ambiente devido ao uso de equipamentos obsoletos ou à operação e manutenção inadequadas. Esta visão negativa ainda é marcante para grande parte da população brasileira. Na Europa e nos USA, em função da modernização de plantas antigas ou da construção de novas plantas de incineração que contemplam a adoção de sistemas de controle automatizados dos processos de combustão e de depuração das emissões gasosas e líquidas, a operação dessas unidades têm sido muitas vezes acompanhada pelas comunidades locais (MENEZES et al., 2000).

Como no Brasil a imagem dos incineradores ainda é associada a potenciais fontes de poluição, o processo de incineração para o tratamento de RSU não tem sido incluído nos programas de gerenciamento dos resíduos sólidos.

Para Menezes et al. (2000), enquanto a tendência mundial é aproveitar os resíduos urbanos para a geração de energia, no Brasil não existem projetos representativos que promovam a reciclagem, considerando o uso do biogás e do lixo em termelétricas, o que contribuiria para equacionar dois problemas: o ambiental, com o tratamento dos resíduos, e o de geração de energia.

Nos últimos anos, alguns projetos de incineração de resíduos sólidos urbanos com aproveitamento energético têm sido cogitados para serem implantados, muito embora, tais projetos ainda não tenham sido efetivados.

### **1.3.1 Projetos de Incineração com aproveitamento energético**

O aproveitamento do conteúdo energético contido nos resíduos sólidos urbanos pode ser realizado não apenas com a queima do lixo como combustível em usinas de incineração, mas também por processos de reciclagem, com a venda dos materiais recicláveis, por meio da compostagem e pela recuperação do biogás gerado nos aterros sanitários.

Do ponto de vista do ciclo de vida do produto, a reciclagem é um processo que requer menor consumo energético uma vez que o insumo usado são resíduos e não matéria prima virgem (OLIVEIRA et al., s.d). Entretanto, o ingresso desses materiais no processo produtivo depende da forma como o lixo urbano é gerado, acondicionado e coletado, pois é necessário que os resíduos a serem reciclados sejam separados com certo grau de homogeneidade para que não se misturem com outros, principalmente aos orgânicos, e percam seu potencial de reutilização ou mesmo aumentem os custos de seu beneficiamento, o que os tornam economicamente inviáveis.

Dentre as vantagens do tratamento térmico por meio da incineração para o resíduos sólidos urbanos citadas por diversos autores (CEMPRE; BIZZO et GOLDSTEIN; LIMA, 1995, 1987, 1985) pode-se relacionar: redução do volume que prolonga a vida dos aterros e diminui a necessidade de áreas municipais; destruição de organismos patogênicos, de produtos tóxicos com conseqüente redução do potencial de doenças e de contaminação do meio ambiente e aproveitamento energético do conteúdo do lixo municipal com geração de energia elétrica.

O aproveitamento energético poderá contribuir para o equilíbrio econômico do gerenciamento e disposição dos resíduos sólidos municipais. Conforme citado por IPT/CEMPRE (1995), as usinas de incineração de lixo diferem da maioria dos serviços públicos porque geram a energia que poderá ser comercializada, gerando uma receita para o município. Para Bizzo et Goldstein (1995), o objetivo principal da incineração é a disposição do lixo, sendo a produção e venda da energia elétrica um subproduto, que irá, sem dúvida, diminuir os custos da incineração e da destinação a aterros.

Confrontando a reciclagem de materiais presentes nos RSU com o processo de incineração, Bizzo et Goldstein (1995) argumentam que existem limitações técnicas e de mercado para a utilização de materiais recicláveis em função da deterioração sofrida, quer seja pelas condições inadequadas da coleta ou pelo número de vezes que o material foi reciclado. Isto faz com que os custos e o consumo de energia onerem os processos de reciclagem. Quanto às emissões de gases oriundos da incineração que contribuem para o aquecimento global (efeito estufa), os autores lembram que os aterros sanitários também produzem metano, que é um gás que causa o efeito estufa, além de causarem outros possíveis impactos no solo e na água.

Na análise realizada por Oliveira et al. (s.d.) para verificar de que forma a coleta seletiva e a reciclagem contribuem na conservação de energia, é apresentado o potencial de conservação de energia elétrica, usando material reciclado (metal, vidro, plástico, papel), como sendo 10% da oferta anual de energia no Brasil. Entretanto, esse valor somente será atingido a partir da implementação da coleta seletiva em larga escala. Foi também apresentado nesse trabalho, a emissão evitada de CO<sub>2</sub> em função da reutilização de determinada quantidade de resíduos sólidos como insumo no processo produtivo e, conseqüentemente, da energia conservada por meio da reciclagem, o que poderá levar ao financiamento de projetos através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Kyoto.

Os autores determinaram que o custo médio para a conservação de energia através da reciclagem é equivalente a US\$ 36/MWh, sendo portanto 10% inferior à média de custos dos projetos de conservação do PROCEL/ELETRÓBRÁS, que está ao redor de US\$ 40/MWh.

Oliveira e Rosa (2002) realizaram um estudo sobre o aproveitamento energético dos restos de alimentos contido no lixo urbano a partir de Usinas Termelétricas Híbridas (UTH), que utilizam de 80 % a 90% de gás natural e 10% a 20% de lixo, e concluíram que estas usinas terão, em pouco tempo, maior atratividade que às usinas a gás natural. Essa estimativa foi fundamentada nas oscilações dos preços dos combustíveis fósseis, nas variações cambiais e na receita adicional oriunda da comercialização dos certificados de emissões evitadas de gases do efeito estufa.

Uma das desvantagens citadas da geração de energia usando a biomassa residual, quando comparada às UTE a gás natural, é o maior custo de investimento em geração. Porém, a redução do impacto negativo devido ao aumento de investimento das UTH pode ser obtida através da comercialização dos certificados de emissão evitada (*Op.cit.*).

O aproveitamento energético dos restos de alimentos encontrados nos resíduos sólidos pode ser efetuado por meio da recuperação do biogás oriundo da decomposição da matéria orgânica presentes nos aterros sanitários<sup>19</sup> e por meio da digestão acelerada, uma tecnologia associada à compostagem que aumenta o fornecimento do biogás e produz o adubo orgânico, gerando receita (*Op. cit.*).

Outra tecnologia estudada por Pinatti et al.<sup>20</sup> (*apud OLIVEIRA et ROSA, 2002*) é a Biomassa-Energia-Materiais, conhecida pela sigla B.E.M., processo no qual se produz celulignina catalítica a partir da pré-hidrólise ácida dos RSU em um reator a vácuo<sup>21</sup>. Este produto possui elevado poder calorífico (4.500 kcal/kg) e é usado como combustível sólido nas usinas termelétrica a resíduos.

O projeto da digestão acelerada, que consorcia a recuperação do metano à compostagem para a produção do adubo orgânico, e o projeto que produz a celulignina, um combustível sólido proveniente do aproveitamento de restos de alimentos, foram desenvolvidos pelo Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais - IVIG da COOPE/UFRJ, tendo como objetivo a redução da quantidade de resíduos a serem encaminhados aos aterros e consequentemente a redução dos gases do efeito estufa (OLIVEIRA, 2000).

---

<sup>19</sup> O biogás, após recuperado, passa por filtração e compressão antes de ser utilizado em turbinas ou motores.

<sup>20</sup> PINATTI, D. G. et al., 1999 *apud OLIVEIRA et ROSA, 2002*.

<sup>21</sup> Processo no qual se produz a celulignina (combustível sólido) a partir da separação entre as partes líquidas e sólidas dos resíduos alimentares (CARNEIRO, J.D., 2001)

Na tecnologia B.E.M. e na tecnologia de digestão acelerada verifica-se o aproveitamento energético dos resíduos sólidos urbanos "novos", ou seja, a recuperação da energia acontece concomitantemente à geração dos resíduos, diferentemente da recuperação do biogás de aterros, onde os resíduos foram depositados a mais tempo.

O projeto de uma Usina Protótipo de incineração de resíduos sólidos urbanos com o objetivo de evitar a formação do metano em aterro e gerar eletricidade para autoconsumo, denominado de USINAVERDE, está sendo implantado no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ/COPPE, 2004)<sup>22</sup>. A capacidade de processamento da Usina é de 30 t/dia de lixo para suprir uma planta termelétrica de 440 KW de potência. Serão utilizados os resíduos gerados no próprio campus da UFRJ, na Ilha do Fundão/RJ, e oriundos da Estação de Transferência de Lixo do Caju, de responsabilidade da Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB). O Projeto foi dividido em duas etapas, sendo que na primeira haverá consumo de energia proveniente da rede elétrica pela planta, e na segunda a Usina será auto-suficiente em energia.

A proposta apresentada no projeto é que, futuramente, quando as etapas do desenvolvimento da tecnologia de tratamento de resíduos com geração de energia estiverem concluídas, essa Usina Protótipo será doada para a Universidade, que passará a operá-la.

Conforme UFRJ/COPPE (2004), esta Usina é considerada um projeto experimental de utilização de resíduos que contribui para o desenvolvimento sustentável do país, uma vez que desenvolve tecnologia de utilização e aproveitamento de resíduos, evita a emissão de metano que seria gerado nos aterros e substitui o uso de combustíveis fósseis na geração de eletricidade.

A tecnologia a ser utilizada na Usina Protótipo denomina-se Mineralização de Resíduos Orgânicos e consiste na incineração do lixo a temperaturas superior a 1100°C, cujos gases resultantes da incineração/pós-queima são neutralizados por processos de lavagem em circuito fechado, sendo que *"o saldo qualitativo desta tecnologia reside no tratamento dos gases posterior à queima dos resíduos, desenvolvido para otimizar os custos de controle ambiental"* (UFRJ/COPPE, 2004, p. 6).

Antes de serem incinerados, os RSU coletados passarão por uma linha de triagem e separação dos recicláveis (metais, alumínio e vidros). Após a segregação dos recicláveis, os

---

<sup>22</sup> O empreendimento está sendo financiado pela Empresa USINAVERDE S/A., responsável pela funcionamento, administração e manutenção da planta e conta com a participação da Fundação COPPETEC/UFRJ (por intermédio do Centro Estudos Integrados sobre Meio Ambiente e Mudanças Climáticas - Centro Clima), do IVIG-COPPE/UFRJ (Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais) e da COMLURB.

resíduos seguem direto, por meio de uma esteira, para o forno de combustão, onde são incinerados em dois estágios: no primeiro ocorre a queima a temperaturas superiores a 1.000°C e no segundo, de pós-queima, para a conversão total dos gases, a temperaturas superiores a 1.200°C (UFRJ/COPPE, 2004).

Para a geração de energia utiliza-se o calor dos produtos de combustão do lixo. Os gases da saída da câmara de pós-queima são encaminhados para a caldeira de recuperação de calor, que irá gerar vapor d'água e este será usado para movimentar um conjunto turbo-gerador.

Os gases passarão por um sistema de tratamento (lavadores de gases), antes de serem lançados na atmosfera, e os efluentes líquidos oriundos da solubilização dos gases nos lavadores de gases (ácidos) e da retirada das cinzas do forno de incineração (alcalino), passarão por processos de neutralização e decantação para posterior recirculação nos lavadores. As cinzas (dos fornos) e os sais minerais precipitados (dos lavadores) serão removidos e destinados a aterros de inertes (*Op. cit.*).

Nesse projeto da Usina Protótipo foram considerados como resíduos a serem incinerados: a matéria orgânica (compreendendo a fração orgânica e papéis) e a matéria de origem fóssil (os plásticos e pequena parcela de borracha). Os materiais selecionados para reciclagem foram as frações de vidro, metais e cerâmicas, o que demonstra não haver muito incentivo para os processos de reciclagem. Para os cálculos das emissões evitadas de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> foi considerado apenas a fração de origem fóssil, uma vez que a fração orgânica é de origem renovável (*Op. cit.*).

É relevante mencionar que anteriormente a esse projeto da USINAVERDE, em 1977, a Companhia Energética de São Paulo (CESP), com intuito de buscar novas fontes de energia em substituição aos derivados de Petróleo, iniciou estudos no sentido de aproveitar o calor gerado na combustão dos resíduos e sua transformação em energia elétrica ou vapor, resultando no projeto de uma usina termelétrica a lixo com potência de 64 MW, utilizando os resíduos gerados no município de São Paulo. Esse projeto substituiria os incineradores então existentes, contribuindo para a melhoria da qualidade do ar da cidade (LIMA, 1985).

Para a região metropolitana de São Paulo, com o mesmo objetivo de minimizar os problemas da disposição final dos resíduos sólidos domiciliares gerados, foi proposta em 1994 a implantação de duas unidades de incineração: uma em Sapopemba e outra em Santo Amaro, com capacidade para processar 2.500 t/dia cada. A proposta consistia na segregação da matéria orgânica com produção do "pré-composto-cru", triagem dos materiais recicláveis,

destruição térmica dos rejeitos e segregação dos metais ferrosos presentes nas escórias (GRIPP, 1998).

Da análise dos Estudos de Impacto Ambiental e respectivos Relatórios de Impacto Ambiental (EIA/Rima) realizada por Gripp (1998), foi constatado que as usinas de incineração proposta para Sapopemba e Santo Amaro não apresentavam o nível tecnológico necessário para atender aos procedimentos de operação e aos níveis de emissões estabelecidos pelas normas existentes, o que acarretaria em emissões atmosféricas residuais maiores que as permitidas.

Com relação a esses dois projetos de São Paulo, para Menezes et al. (2000) faltaram definições quanto à remuneração pelos serviços prestados que oferecessem garantias ao empreendedor, tendo em vista o longo prazo de concessão dado pelo poder público. Outro aspecto levantado pelos autores referia-se à mobilização da opinião pública e de entidades ambientalistas que, por desconhecimento das tecnologias atuais e das garantias de não poluição do meio ambiente, posicionaram-se contrariamente aos projetos.

A Prefeitura Municipal de Campinas, em 09 de março de 1995, publicou um edital de concorrência cujo objeto consistia na concessão dos serviços e destinação final de resíduos domésticos e hospitalares gerados no município, precedida de uma Usina de Tratamento Integrado com Geração de Energia Elétrica. A solução então proposta para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos visava a maximização da vida útil dos aterros por meio de processos de reciclagem, compostagem e incineração dos rejeitos. A Usina de Tratamento (incineração e geração de energia) teria capacidade para receber 360 t/dia das 700 t/dia de resíduos domiciliares encaminhados ao sistema, após passarem pelas unidades de reciclagem e compostagem, além de 50 t/dia de resíduos comerciais e 10 t/dia de resíduos hospitalares, perfazendo um total de 400 t/dia. Não foi mencionado no referido edital qual seria a capacidade instalada para a geração de energia elétrica (PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS, 1995).

### **1.3.2 Projetos negociados no âmbito do Protocolo de Kyoto**

A partir da Convenção Internacional sobre Mudanças Climáticas, foi criado o Protocolo de Kyoto, segundo o qual os países industrializados devem atingir metas de redução das emissões dos gases que provocam o efeito estufa. Dentre os procedimentos propostos pelo Protocolo visando a redução dos gases tem-se o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), o qual permite a parceria com países em desenvolvimento.

Países, como o Brasil, podem desenvolver projetos de redução de emissão de gases que causam o efeito estufa e projetos florestais de seqüestro de carbono, firmando acordos com nações que necessitam reduzir suas emissões. Os países industrializados podem transferir recursos para comprar os créditos referentes ao carbono seqüestrado ou não emitido (MMA, 2004).

Temas como biogás gerado em aterros sanitários, recuperação de área degradada por lixões, incineração de resíduos sólidos urbanos como fonte alternativa para a geração de energia elétrica, passaram a ser correlacionados com o Protocolo de Kyoto em função das emissões de gás metano (CH<sub>4</sub>). Este gás, formado pela decomposição anaeróbia da matéria orgânica, é um dos principais componentes do biogás e um dos principais gases causadores do efeito estufa, fenômeno que vem sendo amplamente discutido devido a seus efeitos sobre o sistema climático do planeta. O metano (CH<sub>4</sub>) tem um potencial de aquecimento global 21 vezes maior que o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (LUCIANO et ROSA, 2002)

De acordo com os resultados obtidos pelo estudo realizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2004), visando quantificar o potencial de geração de energia elétrica e de redução de emissões de metano, o potencial médio de geração de energia elétrica por município brasileiro, com mais de um milhão de habitantes, é de 19,5 MW. A partir desses resultados foram estimadas, proporcionalmente a energia gerada, as quantidades de créditos de carbono equivalente. Apesar do potencial de geração de energia elétrica ser interessante sob o aspecto socioambiental, a conclusão deste estudo é que tais projetos "*têm viabilidade com um preço de energia de R\$ 150/MWh, já considerando os créditos de carbono*" (Op. cit.).

Em junho de 2004, o Governo Brasileiro liberou o funcionamento de dois projetos ambientais em aterros sanitários para a redução dos gases poluentes que causam o efeito estufa e aproveitamento do biogás para gerar energia: um em Nova Iguaçu/RJ (Projeto NovaGerar) e o outro em Salvador/BA (Projeto Canabrava)<sup>23</sup>. Com a utilização do biogás na geração de energia, serão emitidos créditos de carbono, os quais poderão ser comercializados, viabilizando a implantação e operação do aterro sanitário.

O Projeto NovaGerar foi o primeiro no Brasil a ser elaborado dentro dos moldes do MDL. Com esse projeto espera-se uma redução de emissões de aproximadamente 14 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, durante 21 anos<sup>24</sup>.

---

<sup>23</sup> Projetos reduzirão emissão de gás em aterro. **O Estado de SP**, São Paulo, 3 jun. 2004

<sup>24</sup> **NovaGerar**. Rio de Janeiro: EcoSecurities Brasil, 2004. 3 p. (EcoSecurities). Projeto

Outro projeto que também possui contrato assinado para a obtenção dos benefícios relativos aos créditos de carbono é do aterro Onyx Sasa, de resíduos industriais e domésticos, situado em Tremendé/SP. Esse aterro, segundo relato do diretor da empresa Onyx Sasa, foi o primeiro aterro do Brasil a assinar, em dezembro de 2003, por 10 anos, um contrato de venda de crédito de carbono tendo como comprador o Governo da Holanda (SENAGA, 2004).

Dentre os projetos de recuperação de energia, destaca-se a Usina Termelétrica a Biogás implantada no aterro Bandeirantes, na zona norte da região metropolitana de São Paulo, com potência instalada de 22,6 MW e capacidade para produzir até 170 MWh de energia elétrica durante 15 anos. Embora considerada a maior usina de geração de energia utilizando o biogás de aterro sanitário, ainda não possui contratos para a comercialização dos certificados de redução de emissões dos gases do efeito estufa<sup>25</sup>.

#### 1.4 INCINERAÇÃO NO EXTERIOR

A incineração vem sendo praticada por diversos países visando principalmente a redução de volume, face aos problemas de disponibilidade de área, e de periculosidade dos resíduos. No Japão o percentual de lixo incinerado chega a 80% e, apenas em Tóquio, funcionavam 13 usinas (IPT/CEMPRE,1995).

Para Lima (1985), persistindo a crise energética no mundo e desenvolvendo-se tecnologias para melhorar o aproveitamento do poder calorífico do lixo, os processos de incineração com recuperação de energia tenderão a dominar o mercado do tratamento do lixo urbano.

Desde 1989 a Comunidade Econômica Européia (CEE) conta com duas Directivas publicadas com o intuito de reduzir a poluição atmosférica provenientes das instalações de incineração de resíduos urbanos: a Directiva n.º 89/369/CEE, de 08 de junho de 1989, trata das novas instalações e a Directiva n.º 89/429/CEE, de 21 de junho de 1989, refere-se às instalações existentes. Nesses dois Atos da CEE, constam procedimentos de operação e critérios para controle das emissões poluentes de usinas de incineração de RSU.

Uns dos primeiros incineradores destinados a queima do lixo urbano, ou o primeiro utilizando-se de técnicas ainda rudimentares e de operações simples, foi instalado na cidade de Nottingham, na Inglaterra (LIMA, 1985; DEMPSEY et OPPELT, 1987). Nos USA o primeiro incinerador com geração de vapor foi construído em Nova York, em 1905

---

<sup>25</sup> Lixo vai gerar energia para 200 mil pessoas. **Folha de São Paulo**, 23 jan. 2004.

(WASH,1991, *apud* GRIPP, 1998), ocorrendo um rápido crescimento com mais 200 unidades instaladas em 1920 (LIMA, 1985; DEMPSEY et OPPELT, 1987).

Segundo Gripp (1998) cerca de 94% dos incineradores dos EUA, com capacidade maior que 500 t/dia, têm sistemas de recuperação de energia e a maioria em operação é do tipo *Mass Burn* – MB (Queima Direta). Menezes et al. (2000) também afirmam que em países desenvolvidos como a Alemanha, Japão, Suíça e outros, muitas plantas foram construídas recentemente, outras estão em construção, principalmente para a geração de energia, cujo percentual de RSU processado por incineração é elevado. Para Suíça e Japão a projeção é que tenham, brevemente, 90% de seus resíduos processados em plantas de tratamento térmico.

Em vários países a incineração de resíduos sólidos urbanos com geração de energia prevalece sobre a disposição em aterros e sobre a reciclagem, alcançando índices elevados tais como: Dinamarca 90%; Japão, 72%; Suíça, 59%; França, 42%; Alemanha, 36% e Bélgica, 25% (CEMPRE, 2002). No Japão, onde são escassas as áreas adequadas para construir aterros sanitários, a tendência é que cresça o número de unidades de incineração de resíduos. Isto ocorre também em função do desenvolvimento de novas tecnologias para a recuperação de energia e para o tratamento dos gases de combustão, tornando as unidades econômica e ambientalmente mais viáveis (MENEZES et al., 2000)

Observa-se ainda que em vários países são implantadas termelétricas com fornos contíguos que processam carvão e lixo para a geração de vapor. De acordo com Menezes et al. (2000), uma tonelada de RSD equivale a 200 kg de carvão ou 500 kWh de energia elétrica. Por outro lado Menezes et al. (2000, p.8) afirmam que “*a experiência atual indica que a geração de energia se torna rentável em instalações com capacidades de processamento acima de 250 t/dia. Abaixo desta capacidade a energia é normalmente aproveitada apenas para uso da própria planta*”.

## **1.5 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA SOBRE A INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS**

No Brasil ,foi publicada, em 29 de outubro de 2002, a Resolução CONAMA n.º 316, que disciplina os processos de tratamento térmico de resíduos e cadáveres, estabelece procedimentos operacionais, limites de emissão e critérios de desempenho, controle, tratamento e disposição final de efluentes resultantes destas atividades. Essa Resolução considera tratamento térmico como todo e qualquer processo cuja operação seja realizada acima da temperatura mínima de 800° C (art. 2º, inciso III).

Os artigos 22, 23 e 24 desta Resolução referem-se ao tratamento dos resíduos de origem urbana, *in verbis*:

Art. 22. O sistema de tratamento térmico de resíduos de origem urbana, ao ser implantado, deve atender os seguintes condicionantes, sem prejuízo de outras exigências estabelecidas no procedimento de licenciamento e legislações complementares:

I - área coberta para o recebimento de resíduos;

II - sistema de coleta e tratamento adequado do chorume.

Art. 23. Os resíduos de origem urbana, recebidos pelo sistema de tratamento térmico, deverão ter registro das informações relativas à área de origem e quantidade.

Parágrafo único. As câmaras deverão operar à temperatura mínima de oitocentos graus Celsius, e o tempo de residência do resíduo em seu interior não poderá ser inferior a um segundo.

Art. 24. A implantação do sistema de tratamento térmico de resíduos de origem urbana deve ser precedida da implementação de um programa de segregação de resíduos, em ação integrada com os responsáveis pelo sistema de coleta e de tratamento térmico, para fins de reciclagem ou reaproveitamento, de acordo com os planos municipais de gerenciamento de resíduos.

Por ser uma atividade com elevado potencial de impacto, foi estabelecido na Resolução n.º 316/02 a exigência de estudos, tanto para uma análise de alternativas tecnológicas, de acordo com o conceito de melhor técnica disponível (art.4), quanto para o processo de licenciamento das unidades de tratamento térmico de resíduos, como Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/Rima), análise de Risco, dentre outros (art. 26).

A Resolução n.º 316/02 estabelece também parâmetros de projeto, procedimentos operacionais, sistemas de monitoramento e limites máximos de emissão para os poluentes atmosféricos. Com relação aos efluentes líquidos remete para a Resolução CONAMA n.º 020/86, que foi recentemente alterada pela Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005. As cinzas e escórias provenientes do processo térmico, para fins de disposição final, foram classificadas como resíduos Classe I- Perigoso (art. 43, parágrafo primeiro).

Fazem parte, ainda, da Resolução n.º 316/02, cinco anexos, quais sejam: Fatores de Equivalência de Toxicidade - FTEQ ou fatores tóxicos equivalentes para dioxinas e furanos (anexo 1); Plano do Teste de Queima (anexo 2); Plano de Contingência (anexo 3); Plano de Emergência (anexo 4) e Plano de Desativação (anexo 5).

Outros dois instrumentos legais sobre incineração, no Brasil, que merecem destaque são: a Resolução CONAMA n.º 264, de 26 de agosto de 1999, que dispõe sobre o

licenciamento de fornos rotativos de produção de clínquer<sup>26</sup> para atividade de co-processamento de resíduos na fabricação de cimento, e a Resolução CONAMA n.º 283, de 12 de julho de 2001, que dispõe sobre o tratamento e a destinação final dos resíduos dos serviços de saúde<sup>27</sup>. Muito embora a incineração no Brasil se aplica principalmente aos RSSS, esta Resolução apresenta outras tecnologias de tratamento que não seja por meio da incineração.

No co-processamento de resíduos em fornos de clínquer, não são permitidos resíduos domiciliares brutos (RSD), de serviços de saúde (RSSS), radioativos, explosivos, organoclorados, agrotóxicos e afins (art. 1º). O co-processamento de resíduos perigosos em fornos clínquer, embora seja também um processo de incineração, recebe um tratamento diferenciado, pois os resíduos entram em substituição ao combustível ou de parte da matéria prima. É necessário que antes de serem incinerados, os resíduos recebam um pré-tratamento para não interferir na qualidade do cimento produzido e nem causar efeitos nocivos ao meio ambiente, o que requer rigoroso controle das emissões atmosféricas (MENEZES et al., 2000)

Além dessas Resoluções, cumpre mencionar a Resolução CONAMA n.º 05/89 que estabeleceu os padrões nacionais de qualidade do ar, instituiu o Programa Nacional de Qualidade do Ar – PRONAR e especificou as diretrizes para a rede de monitoramento e inventário das fontes emissoras e poluentes atmosféricos. Ainda com relação à qualidade do ar, a Resolução CONAMA n.º 03/90 definiu os padrões primários e secundários para SO<sub>2</sub> (dióxido de enxofre), CO (monóxido de carbono), O<sub>3</sub> (ozônio), NO<sub>2</sub> (dióxido de nitrogênio), partículas em suspensão, partículas inaláveis e fumaça.

## 1.6 PRÓS E CONTRA DOS PROCESSOS DE INCINERAÇÃO

O processo de incineração de RSU, com ou sem geração térmica de energia, é visto por alguns autores como uma grande solução para o gerenciamento do lixo, enquanto outros dizem que esta solução irá agravar as emissões de poluentes, causar mais problemas socioambientais e nada contribuir para preservação dos recursos naturais.

Em denúncia dirigida ao Ministério do Meio Ambiente, em 01 de setembro de 2004, várias Organizações Não Governamentais – ONG<sup>28</sup> requeriam a proibição da incineração no

<sup>26</sup> Conforme dicionário Aurélio clínquer é o calcário e silicato semifundidos e aglutinados de que se obtém o cimento por moagem.

<sup>27</sup> A proposta de Revisão dessa Resolução foi aprovada com emendas na 77ª Reunião Ordinária do CONAMA que ocorreu nos dias 29 e 30 de março de 2005 e foi encaminhada à CONJUR/MMA para análise. O documento final ainda não consta da página do CONAMA, nem a transcrição da 77ª Reunião. Site [www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br) consultado em 14 abr. 2005.

<sup>28</sup> BRASIL. Ministério do meio Ambiente. **Petição**. 1º set. 2004. Disponível em: [http://www.justicaambiental.org/br/campanha\\_form.asp?conteudo\\_id=2029](http://www.justicaambiental.org/br/campanha_form.asp?conteudo_id=2029)> Acesso em: 17 mar. 2005.

Brasil, alegando ser uma tecnologia ultrapassada, sendo insustentável para a destinação dos resíduos uma vez que produz emissões mais tóxicas que as geradas pelos próprios resíduos. Afirmavam, ainda, que a incineração como método de produção de energia “*é ineficiente e implica em desperdício de recurso não renovável*” e como ferramenta de desenvolvimento econômico, “*drena os recursos financeiros para fora das comunidades locais, além de gerar poucos postos de trabalho*”.

Nessa denúncia as ONG criticam que, no Brasil, se as usinas termelétricas a gás natural já causam muitos impactos sociais e ambientais devido a ausência de uma legislação específica que regulamente as emissões gasosas dessas unidades, principalmente no que tange aos óxidos de nitrogênio, muito pior serão os efeitos quando essas usinas termelétricas passarem a incinerar lixo urbano.

Por outro lado, conforme citado por Campos<sup>29</sup> (*apud* MENEZES et al., 2000) e CEMPRE (2002), para a Associação Brasileira de Limpeza Pública (ABLP) a incineração constitui o processo mais adequado para a solução ambientalmente segura dos problemas de disposição final de resíduos.

Para as ONG ambientalistas, em diversos países como Japão e USA, a incineração tem sido preterida. Pode-se citar o exemplo do Incinerador de Gilly Sur Isere, na França, que foi fechado, em 2001, por estar emitindo dioxinas muito acima das normas recomendadas e, atualmente, encontra-se em fase de julgamento do processo judicial<sup>30</sup>.

Para a ABLP, nesses países e também na Alemanha e Suíça, em função do avanço das tecnologias para o tratamento dos poluentes (gasosos, líquidos e sólidos) e dos sistemas computadorizados de automação para o controle de combustão e das emissões, muitas plantas vêm sendo construídas nos últimos anos. Entre tais sistemas constam tecnologias para remoção de gases como NO<sub>x</sub>, dioxinas e furanos; tecnologias para o tratamento dos resíduos inertes gerados e tecnologias para a obtenção de um CDR (combustível derivado do resíduo) com melhor qualidade e maior poder calorífico.

Conforme citado pela Prefeitura Municipal de Campinas (1995), as usinas de incineração mais recentes são projetadas e operadas de tal maneira que 70% das instalações são destinados ao sistema de tratamento dos gases oriundos da combustão, ficando os 30% restantes reservados ao tratamento térmico propriamente dito. Com isso, nos países onde o

---

<sup>29</sup> CAMPOS, J. O., 1999 *apud* MENEZES et al., 2000

<sup>30</sup> Notícia veiculada na internet em 30/03/05, pelo grupo de articulação da Política Nacional de Resíduos Sólidos: Disponível em: <articulacaopnrs@yahoo.com.br>

uso dos processos de incineração é comum, observa-se a desativação de plantas antigas e a implantação de novas plantas contendo tecnologias apropriadas ao tratamento dos poluentes gerados.

Como desvantagem do processo tem-se os altos custos de instalação e manutenção da usina de incineração e dos equipamentos para o tratamento e controle das emissões poluentes<sup>31</sup>.

De acordo com CEMPRE (2002), a incineração de resíduos sólidos urbanos deve ser encarada como uma das formas viáveis de disposição para o lixo existente e que, dentre os processos de tratamento térmico a alta temperatura, é o mais difundido, com elevado número de unidades em operação em todo o mundo. Afirma ainda que a incineração com geração de energia elétrica ou vapor d'água, em plantas de grande porte, pode tornar-se mais atraente economicamente que a disposição de resíduos em aterros sanitários, uma vez que o custos destes tendem a aumentar com tempo, principalmente pela indisponibilidade de áreas.

Calderoni (2000), embora descreva a possibilidade de produção de energia elétrica a partir do lixo com vantagens para solucionar os problemas de destinação final dos RSU, ao comparar as tecnologias de incineração e de processamento biológico como as duas formas adotadas para se produzir energia elétrica, com a quase total eliminação da necessidade de aterros sanitários, pondera que os processos biológicos são mais viáveis economicamente e não agridem a natureza. Acrescenta que esta tecnologia, através da compostagem, transforma os resíduos orgânicos em adubo (de boa qualidade se adequadamente processados) e produz o metano suficiente para gerar energia elétrica em quantidade apreciável, com produtividade similar à dos incineradores, e ainda com grandes vantagens ambientais.

Para Gripp (1998) a incineração com recuperação energética é tecnicamente viável como uma possível alternativa para auxiliar no gerenciamento dos RSU, contudo acrescenta a necessidade de uma rigorosa caracterização dos resíduos a serem incinerados, a fim de se obter melhor domínio da combustão e controle dos rejeitos (cinzas, escórias, emissões atmosféricas e eventuais efluentes líquidos).

---

<sup>31</sup> Incineradores são apontados como alternativa. **Correio Popular**, Campinas, São Paulo, 03 abr. 2003

## CAPÍTULO 2

### GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Diante da geração de resíduos, dejetos, lixo e rejeitos que vem acontecendo no mundo nos últimos tempos, o tema "gestão dos resíduos sólidos" tem-se destacado tanto sob os aspectos técnicos abrangendo procedimentos de coleta, caracterização, tratamento e destinação final, quanto sob os aspectos socioambientais. Nestes últimos, tornam-se evidentes as questões de interdisciplinariedade e de educação ambiental, permitindo assim pensar-se em "gestão socialmente integrada dos resíduos sólidos".

Bloch et al. (1998) relatam que o tema do lixo, inserido no processo ambiental, forma um elo de ligação com outros temas importantes como saúde, água, moradia, renda, e também com responsabilidade, direitos e deveres dos cidadãos.

Zaneti (2003, p.26), abordando o tema resíduo dentro de visão de mudança de paradigma, observa que a produção de resíduo em larga escala como uma característica da sociedade de consumo, deve ser entendida "*não só no sentido de resíduos sólidos/sobras, mas também no sentido social de sombra: miséria, fome e exclusão*". Em outras palavras: "*a produção do 'lixo' é na realidade o resultado de uma sociedade de consumo, que gera não apenas o rejeito material, como também o social*" (Op. cit., p.20).

O crescimento da geração de resíduos decorre dos hábitos da sociedade capitalista atual, cujos padrões de consumo e de produção exercem grande pressão sobre o meio ambiente, quer seja pela utilização dos recursos naturais como fonte de matéria prima e energia para produção, quer seja pelo descarte de rejeitos e dejetos produzidos nas atividades industriais, domésticas e econômicas dos seres humanos, os quais serão absorvidos, ou não, pela natureza.

Partindo da premissa que o gerenciamento dos resíduos sólidos é um processo dinâmico, onde soluções ou alternativas deverão acompanhar as mudanças de atitudes e de hábitos, com a introdução de novos padrões de consumo e de produção, o sucesso de um programa de gestão está diretamente associado à integração do poder público e à participação da sociedade, nos seus vários segmentos. Estas mudanças podem ocorrer de forma impositiva, com a adoção de instrumentos de comando e controle (como a legislação por exemplo) e econômicos (taxas, impostos, forças de mercado), ou ainda por meio de instrumentos de persuasão como a educação ambiental e a mobilização popular (MACHADO, 2002).

Nesse contexto inserem-se os projetos de tratamento térmico dos resíduos sólidos urbanos, com ou sem geração de energia, que devem ser analisados dentro do espectro de uma gestão socialmente integrada dos resíduos sólidos urbanos de um município ou região.

A geração de energia poderá, sem dúvida, resultar em impactos positivos para a sociedade e para o desenvolvimento econômico. Entretanto, há de se considerar os impactos ambientais e sociais não apenas dessa alternativa como de outras possíveis para tratar os RSU, tendo como princípios o desenvolvimento sustentável e a participação da sociedade, e, como instrumento de gestão, a Educação Ambiental.

## 2.1 GERENCIAMENTO DOS RSU E SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Segundo Mota (2004, p.1) “*a melhor maneira de entender o meio ambiente é analisá-lo a partir da teoria de sistemas*” e “*um sistema é o conjunto de elementos inter-relacionados que se interagem a fim de cumprir um objetivo definido*”. Nesse sentido, partindo da premissa que um sistema de resíduos sólidos urbanos é constituído por diferentes componentes que interagem entre si e causam mudança no conjunto, todas as etapas do processo — geração, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final — devem ser vistas dentro de um modelo de gestão ambiental.

Para Milanez et. Teixeira (2001), não existe uma definição precisa para o termo gestão dos RSU, havendo autores que utilizam gerenciamento ou manejo como sinônimos de gestão, enquanto outros percebem significados distintos. Citam, ainda, que “*o gerenciamento estaria à jusante das opções de desenvolvimento, ou da formulação de políticas, enquanto a gestão propriamente dita estaria à montante, tendo, portanto, maior número de graus de liberdade*” (MILANEZ et. TEIXEIRA, 2001, p. 3).

Na publicação do IPT/CEMPRE (1995, p.3) consta a definição de gerenciamento integrado de resíduos como sendo “*o conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração municipal desenvolve, baseado em critérios sanitários, ambientais e econômicos para coletar, tratar, e dispor o lixo da sua cidade*”. Observa-se que esta definição se atem às etapas de afastamento, tratamento e disposição final dos resíduos, não abordando a fase de geração.

Brollo e Silva (2001, p.4), ao fazerem uma análise de política e de gestão em resíduos sólidos, consideram que “*para a formatação ideal da gestão ambiental é necessário passar pelas etapas de definição de uma **Política Ambiental**, da organização do **Planejamento***

*Ambiental, e da execução da política através do Gerenciamento Ambiental e do Manejo Ambiental"* (grifos do autor).

Entende-se, assim, que no processo de gestão ambiental e, particularmente, dos resíduos sólidos urbano, uma Política de Gestão de Resíduos, que tenha como objetivos a redução, a reutilização, a reciclagem e a recuperação energética, está diretamente relacionada com os princípios básicos do Direito Ambiental e em consonância com as dimensões de sustentabilidade ambiental.

Para Sachs (2002) o Desenvolvimento Sustentável deve estar apoiado sobre três pilares fundamentais — a relevância social, a prudência ecológica e a viabilidade econômica —, apresentando as várias dimensões da sustentabilidade nas quais os processos ambientais devem ser desenvolvidos, quais sejam: social, cultural, ambiental, territorial, econômica, política nacional e sustentabilidade do sistema internacional. Em outras palavras, um modelo de gestão de RSU deve abranger e inter-relacionar todos esses fatores que poderão ser apresentados como princípios no Direito Ambiental.

Conforme Leuzinger (2004, p.4) *“princípios são mandamentos ou enunciados que formam o núcleo de determinado sistema (...) Quando positivados, transforma-se em normas-princípios”*. Dentre os princípios de Direito Ambiental aplicados à gestão de resíduos sólidos pode-se destacar os seguintes: princípio da precaução e da prevenção, princípio da sustentabilidade ambiental (capacidade suporte), princípio do poluidor-pagador e do usuário-pagador, princípios da informação, princípio da cooperação e princípio da participação.

No Brasil ainda não existe uma norma jurídica que institua uma Política Nacional de Resíduos Sólidos, nem mesmo uma Política Nacional de Saneamento Básico. De forma quase sistemática, esses assuntos são debatidos no Congresso Nacional, porém sem que haja um resultado efetivo com a elaboração de instrumentos legais para regulamentá-los<sup>32</sup>. Atualmente, várias instituições governamentais e não governamentais têm discutido no sentido de elaborar propostas de Projetos-de-Lei, tanto para a Política Nacional de Resíduos Sólidos (a ser conduzida pelo MMA) quanto para a Política Nacional de Saneamento (a ser conduzida pela Ministério das Cidades – PL n.º 3.884/2004), e formas de encaminhamento para que os mesmos entrem na pauta de tramitação da Câmara dos Deputados.

---

<sup>32</sup> Sobre a Política Nacional de Saneamento, no início de 1994 o Governo Federal vetou o PL-166 e em 2003 também foram interrompidas as discussões sobre o PL 4.147/2001. Quanto à Política Nacional de Resíduos Sólidos, em 1999, após longas discussões, o CONAMA aprovou uma Resolução, cujo texto sairia como subsídios à PNRS. Esta Resolução não foi publicada, porém essa proposta foi encaminhada ao Congresso Nacional que, juntamente com vários outros projetos de lei, foram apensados ao PL 203/91, o qual, também, em 2003, foi retirado da pauta de discussões.

Observa-se, também, que mesmo em países e cidades do Hemisfério Norte, como Québec, Alemanha, Dinamarca, Áustria e França, as legislações sobre a gestão de resíduos sólidos datam da década de 90 e se encontram ainda em processos de ajuste (NUNESMAIA, *apud* ZANETI, 2003).

## 2.2 LIXO, REJEITO OU RESÍDUOS SÓLIDOS

As terminologias lixo e resíduos sólidos, normalmente, são utilizadas como sinônimo. De acordo com o dicionário Aurélio lixo significa "*aquilo que se varre da casa, do jardim, da rua e se joga fora; entulho; tudo o que não presta e se joga fora*". A palavra resíduo origina-se do latim *residuuu*, que significa aquilo que resta de qualquer substância e o termo "sólido" foi incorporado para diferencia-lo dos resíduos líquidos (esgotos) e das emissões gasosas (GRIPP, 1998).

Por outro lado, Mandarinino (2000, p.8) cita que "*lixo está associado à noção da inutilidade de determinado objeto, diferentemente de resíduo, que permite pensar em nova utilização, quer como matéria prima para a produção de outros bens de consumo, quer como composto orgânico para o solo*", independentemente de resíduo sólido e lixo serem comumente usados como sinônimo, tanto na linguagem técnica e legal, quanto na coloquial.

Para ambos conceitos de lixo ou resíduo, pode-se inferir que tudo o que se joga fora por alguém, ou o que restou de um produto, pode ter serventia ou ser utilizado de outra forma ou se tornar matéria prima em outro processo.

Grimberg et. Blauth (1998, p.18) vão mais além e recomendam que "*dentro do possível, na busca por uma reconceituação didática dos resíduos, convém também evitar-se a palavra lixo - '...tudo o que não presta e se joga fora' (conforme verbete do dicionário Aurélio)*". Para as autoras, "*partindo-se do princípio que os materiais descartados "prestam", cada categoria deve ser denominada de acordo com sua destinação tais como: recicláveis, utilizáveis, compostáveis etc.*".

A Norma Técnica NBR - 10.004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004), define resíduos sólidos "*como sendo aqueles no estado sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade, de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, de serviços, de varrição e agrícola*". Esta norma classifica os resíduos sólidos quanto as suas características de periculosidade, toxicidade, reatividade, dentre outras, em três classes: Classe I (perigosos); Classe II (não-inertes) e Classe III (inertes). Os resíduos sólidos domiciliares são Classe II, uma vez que podem ter propriedades como combustibilidade,

biodegradabilidade ou solubilidade, porém não se enquadram nem como Classe I nem como Classe III.

Os resíduos sólidos também podem ser classificados quanto à origem, à natureza e aos potenciais riscos de contaminação. Mansur (1993) agrupou os resíduos sólidos em quatro classes a partir de suas origens: 1) lixo residencial - gerado pelas atividades diárias em residências; 2) lixo comercial - produzido em estabelecimentos comerciais e de serviços, cujas características dependem das atividades a serem desenvolvidas; 3) lixo público - oriundos dos serviços de limpeza pública urbana como capina, varrição dos logradouros públicos 4) lixo de fontes especiais, que em função de determinadas características peculiares requerem cuidados especiais em seu acondicionamento, manipulação e disposição final, tais como lixo hospitalar, industrial e radioativo.

Em síntese, os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são aqueles oriundos das atividades de limpeza pública e podem ser subdivididos em Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD) englobando o lixo residencial, comercial e público e em Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde (RSSS) que são gerados em hospitais, farmácias, clínicas médicas e odontológicas, laboratórios etc.

No gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos pode-se conceituar rejeitos como tudo aquilo que não se aproveita e necessita de uma destinação final ou ser disposto em algum local. Em todas as atividades de um sistema de gerenciamento haverá rejeitos. Nas unidades de triagem haverá os materiais que, tecnologicamente ou comercialmente, não são passíveis de reciclagem como embalagens compostas de vários materiais, tecidos, isopor, fraldas descartáveis etc.; nos processos de tratamento térmico haverá geração de escórias e cinzas, e, na compostagem poderá, após o peneiramento, haver rejeitos ou até mesmo o próprio composto que não atende às especificações necessárias, devendo, portanto serem encaminhados para aterros sanitários.

Com os novos padrões de consumo da sociedade, refletindo visivelmente na quantidade e nas características dos resíduos gerados, o lixo deixou de ser predominantemente orgânico e biodegradável passando a ser constituído de materiais com pouca ou nenhuma degradabilidade como plásticos, metais, vidros etc. Nos aglomerados urbanos, o lixo deixou de ser visto apenas como uma atividade dos serviços públicos de limpeza urbana, que o afastava da fonte geradora, mas também tornou-se um agravante aos problemas de saúde pública e ambiental, com elevado grau de complexidade.

A geração, a coleta, o tratamento e a destinação final dos resíduos sólidos urbanos tornou-se um dos problemas mais graves dos tempos atuais para as administrações municipais. As diretrizes para uma gestão socialmente integrada de resíduos deve contemplar programas que visam a implementação dos 3Rs (redução, reutilização e reciclagem) por meio de programas de Coleta Seletiva/Reciclagem e de Educação Ambiental, os quais promovam a efetiva participação e conscientização da sociedade na solução dos problemas.

Conforme relatado por Grimberg e Blauth (1998, p.58), a coleta seletiva "*fundamentada num consistente programa de educação ambiental, pautado nos 3 Rs, é, antes de tudo, um ponto de partida, ou suporte, para o desencadeamento de mudanças de comportamento*".

### 2.3 COLETA SELETIVA

A coleta seletiva é uma das atividades de um plano de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos, sendo vista como uma das alternativas para a recuperação de alguns materiais, associada a outras formas de tratamento e de disposição final, como a compostagem, incineração e aterros sanitários

Assim, a coleta seletiva está inserida no processo de triagem (separação) de materiais encontrados no lixo que são passíveis de reciclagem. O termo aplica-se ao recolhimento diferenciado dos materiais (orgânicos e inorgânicos) já separados nas fontes geradoras, por catadores, sucateiros, entidades, prefeituras etc.

A conscientização da reutilização de materiais pela população pode passar por simples atitudes, como o uso de embalagens no cotidiano das atividades domésticas e comerciais. Antes mesmo de se falar com coleta seletiva, já havia pessoas que recolhiam determinados materiais de porta em porta em residências que faziam esta separação, principalmente em cidades do interior do país. Eram os chamados "garrafeiros" (CETESB, 1997).

Segundo Grimberg et Blauth (1998), há quem faça distinção entre coleta seletiva e coleta diferenciada, atribuindo a esta última o recolhimento de materiais segregados na fonte geradora em apenas duas categorias como: lixo/recicláveis; orgânicos/inorgânicos; lixo seco/lixo úmido etc., enquanto que o termo coleta seletiva fica condicionado a uma pré-seleção mais rigorosa, como por exemplo separando os orgânicos e os diversos recicláveis (plásticos, papéis, vidros e metais).

Conforme definição do IPT/CEMPRE (1995, p.132) "*a coleta seletiva consiste na separação, na própria fonte geradora, dos componentes que podem ser recuperados, mediante um acondicionamento distinto para cada componente ou grupo de componentes*".

Uma primeira vantagem da coleta seletiva, ao fazer a separação dos materiais recicláveis daqueles que devem ser considerados inservíveis, é a diminuição do volume do lixo a ser disposto em aterros sanitários. Outra vantagem é que a separação dos materiais na própria fonte geradora implica na obtenção de produtos com melhor qualidade (materiais recicláveis e composto), conferindo-lhes maior valor agregado.

O acondicionamento e a coleta dos resíduos sem a devida segregação na fonte levam a deterioração ou a perda de valor dos materiais recicláveis, por contaminação da matéria orgânica, deixando-os "sujos" ou dificultando os processos de reciclagem. Em contrapartida, a presença de determinados componentes no lixo como pilhas, equipamentos eletrônicos, tintas, solventes, pode comprometer o composto orgânico a ser produzido.

Remédio et al. (2002) avaliaram o potencial de reciclagem de plásticos (filme) em um sistema onde os RSU eram coletados de forma convencional, sem separação na fonte. Na unidade de triagem e compostagem os resíduos eram separados em matéria orgânica, materiais comercializáveis (plásticos maiores e limpos, papéis, metais, vidros etc.) e rejeitos (encaminhados para o aterro sanitário). Para a realização do trabalho, os plásticos (filme) contidos nesse rejeito (em tamanhos pequenos e sujos), após passarem por um processo de lavagem e secagem, foram reciclados e testados. Os resultados obtidos no referido estudo demonstraram que do total dos RSU coletados, 42% em massa e 29,8% em volume, constituem os rejeitos, sendo que, destes, 8% (em termos de massa) e 29,2% (em volume) eram materiais plásticos potencialmente recicláveis. Em outras palavras significa que, caso fossem separados e comercializados, haveria economia de cerca de um terço do volume do aterro sanitário e aumentaria três vezes o peso do material comercializável.

Assim verifica-se que, se houvesse coleta seletiva, grande quantidade de material com potencial de reciclagem poderia estar sendo comercializada, com maior valor agregado pela diminuição das impurezas, além de facilitar o trabalho de triagem e, principalmente, deixando de ser disposto em aterros sanitários ou, o que é pior, jogado no meio ambiente.

A decisão de um município em se implantar a coleta seletiva, além dos ideais ambientalistas, da conscientização dos gestores na preservação dos recursos naturais e na integração social<sup>33</sup>, deve estar respaldada por critérios técnicos e administrativos para que o programa seja implantado com sucesso sem sofrer interrupções.

---

<sup>33</sup> Um programa de coleta seletiva exige uma ação integrada de várias secretarias, departamentos ou divisões da administração pública, bem como a mobilização da própria comunidade.

### 2.3.1 Formas de execução

No planejamento de um programa de coleta seletiva algumas etapas são fundamentais, conforme descrito pela CETESB (1997):

- Caracterização dos resíduos - trata-se do levantamento dos materiais que entram na composição do RSU e em qual percentual ocorrem, com o objetivo de dimensionar a infraestrutura e instalações necessárias. O êxito de um programa desta natureza e de sistema de gestão dos RSU, dentre outros aspectos<sup>34</sup>, dependerá dos tipos de materiais recicláveis, em quantidades que justifiquem sua separação, obtidos por meio da realização de análises quantitativas dos resíduos e identificação das frações recicláveis.
- Definição das áreas e locais - as primeiras áreas de implantação servirão para testar o programa, a metodologia, frequência, horários, equipamentos etc., estando sujeitas a maior número de alterações e adaptações do sistema inicialmente proposto. Portanto, é importante que a população dessas áreas esteja ciente dos procedimentos que estão sendo adotados para que as modificações que venham a ocorrer não tomem a conotação de falhas. Sob outro aspecto, o fato de a comunidade ser informada e estar participando faz com que a mesma sinta-se inserida e compromissada com programa.
- Definição do plano de trabalho - consiste de algumas diretrizes básicas para a execução da coleta seletiva, uma vez ser inviável o estabelecimento de regras rígidas devido às condições adversas e peculiares de cada cidade. Entretanto, algumas normas quanto ao horário, à frequência, aos equipamentos e ao pessoal devem ser estabelecidas e cumpridas.
- Divulgação do projeto e realimentação do processo - considerando que num programa de coleta seletiva a população é responsável por grande parte do processo, é imprescindível que todas informações sobre o programa sejam acessíveis às pessoas de forma clara, objetiva e suficiente.

Nos programas brasileiros, a coleta seletiva tem sido realizada de duas formas: 1) recolhimento de casa em casa ou de porta em porta e 2) recolhimento em postos de entrega voluntária (PEV) ou locais de entrega voluntária (LEV).

Na primeira modalidade, coleta porta a porta, o veículo coletor percorre os logradouros públicos, recolhendo os materiais previamente segregados e dispostos em frente às casas, prédios, lojas etc. Esta modalidade apresenta como vantagens: maior participação da população; permite mensurar a adesão ao programa; facilita a separação dos materiais nas

---

<sup>34</sup> De acordo com a CETESB, "na análise dos fatores intervenientes na coleta seletiva, devem ser considerados aspectos de natureza técnica, econômica, ambiental e educativa" (CETESB, 1997, p. 13)

fontes geradoras, agiliza a descarga nas centrais de triagem etc. Como desvantagem tem-se a necessidade de maior infra-estrutura nos procedimentos de coleta, o que implica em custos mais elevados.

Os PEV geralmente são caçambas, *containers*, tambores devidamente identificados e colocados em locais estratégicos da comunidade (de fácil acesso e com grande fluxo de pessoas). A grande vantagem dessa modalidade é o menor custo de transporte e, dependendo do tipo do *container* e da conscientização da população, possibilitar melhor separação e descarte dos recicláveis por categoria. Como desvantagem tem-se a necessidade de maior quantidade de recipientes a serem instalados nos PEV; os *containers* ficam sujeitos a vandalismo, exigem manutenção e limpeza e ainda requer em maior disposição da população para se deslocar até os pontos de entrega.

Uma vez que a população se torne consciente e sensibilizada com o programa, independentemente da modalidade adotada para a coleta seletiva, a expectativa é que haverá adesão e continuidade do programa. Uma forma de avaliar se um programa de coleta seletiva está contribuindo para a mudança de comportamento da população é comparar a "produção de recicláveis" com o volume total do lixo coletado. O aumento de reciclados, separados e coletados, sem redução das quantidades do lixo total gerado pode significar maior consumo de embalagens e não que a meta do programa de coleta seletiva, com maior segregação, esteja acontecendo.

A implantação de um programa de coleta seletiva necessita de uma infra-estrutura específica, como veículos coletores e uma equipe de pessoal designada para trabalhar, preferencialmente de forma exclusiva, em atividades como reformulação dos dias/horários da coleta, divulgação para a comunidade da programação, campanhas educativas, dentre outras. Após a coleta, os materiais necessitam ainda ser melhor selecionados antes de serem encaminhados a indústrias ou sucateiros. Isso ocorre nas unidades ou centrais de triagem<sup>35</sup>.

Além da infra-estrutura necessária a um programa de coleta seletiva, é preciso que exista mercado, para que os materiais segregados possam ser recuperados ou reprocessados, ou seja, a venda fica condicionada a existência de indústrias reprocessadoras. Portanto, no programa devem ser avaliadas as alternativas de destinação para os recicláveis, considerando as distâncias e os custos com transporte. Também deve-se avaliar se as empresas recicladoras

---

<sup>35</sup> Grimberg define que *central* ou *unidade* de triagem é o termo mais adequado para esse tipo de instalação que recebe os materiais pré-selecionados e coletados seletivamente, enquanto o termo *usinas* é mais utilizado para os locais que recebem os resíduos da coleta convencional, sendo equipadas com mais máquinas para a separação de orgânicos dos demais resíduos.

operam em conformidade com as normas ambientais (se possuem as devidas licenças ambientais e não poluem ar, solo e água).

Outro ponto importante de um programa de coleta seletiva é a inserção de forma mais estruturada dos catadores.

### **2.3.2 Inserção dos Catadores**

Segundo Zaneti (2003) é preciso que se perceba os resíduos não apenas na dimensão técnica mas também sob o aspecto socioeconômico, nas condições dos excluídos que vivem da catação. Enquanto parte da população é incentivada a consumir e produzir cada vez mais, outra parte vive com as sobras e tem no lixo sua fonte de sobrevivência, onde encontra seu alimento e separa os recicláveis para obter alguma renda.

Os catadores são pessoas que trabalham em condições adversas, em situações de alto risco, sendo marginalizados, hostilizados e desprezados pela população, explorados pelos compradores intermediários, além de serem desconsiderados pelo poder público.

O trabalho dos catadores, entretanto, contribui para a redução da quantidade de lixo que é descartado no meio ambiente ou em lixões, aumenta a vida útil dos aterros, incentiva o reaproveitamento e reduz os gastos com energia.

Segundo Abreu (2001, p.33), os catadores de materiais recicláveis estão presentes em 3.800 municípios brasileiros e esse "*exército de trabalhadores informais desvia entre 10% a 20% dos resíduos urbanos para um circuito econômico complexo, que passa por intermediários e termina nas empresas de reciclagem de plástico, vidro, papel, alumínio e ferro*". Mancini<sup>36</sup> (*apud* Remedio et al., 2002) relata que a coleta informal dos catadores e sucateiros de metais, plásticos, papel e papelão desvia do aterro cerca de 30% em peso dos resíduos sólidos domésticos municipais.

Os catadores de lixões e de ruas são responsáveis por 90% do material que alimenta as indústrias de reciclagem no país e possuem habilidades para identificar, coletar, separar e vender os recicláveis, tornando-se capazes de gerar renda e novas condições de vida a partir de suas próprias experiências (ABREU, 2001).

Dada a importância do trabalho dos catadores, tanto na área ambiental quanto econômica, surge a necessidade de se valorizar a profissão. Em junho de 2001, aconteceu em Brasília o I Congresso de Recicladores de Materiais Recicláveis e a Marcha Nacional da

---

<sup>36</sup> MANCINI, P. J. P., 1999 *apud* REMEDIO et al., 2002

População de Rua, cujo objetivo era buscar o reconhecimento do Ministério do Trabalho para que fosse regularizada a profissão de catador.

No Sistema Integrado de Gerenciamento de Resíduos de Porto Alegre, os catadores formaram associações para trabalharem nas Unidades de Triagem, passando a ter horário, disciplina e tarefas a cumprir. No processo de estruturação das Unidades de Triagem, os operadores foram organizados por meio da criação de associações, que dispõem de autonomia administrativa e operam mediante estatutos e regimentos internos específicos, onde são definidas normas de gestão e funcionamento.

Conforme mencionado por Abreu (2001), não é fácil promover a auto-organização dos catadores, sendo necessário sensibilizá-los para a organização coletiva por meio de associações ou cooperativas, dar apoio profissional e de educação formal, dentre outros. A organização dos catadores assume um papel primordial na promoção da cidadania, com reconhecimento e respeito ao trabalho por eles desempenhado.

Para Demajorovic<sup>37</sup> (*apud* PURIFICAÇÃO, 2003), a perspectiva da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos, no processo participativo, é a de integrar a população marginalizada num processo de produção para satisfazer suas necessidades básicas e respeitar suas identidades coletivas. Outro aspecto importante é a satisfação que as pessoas sentem em perceber o sucesso de algo, no qual ajudaram a criar, fazendo com se sintam motivadas a assumir responsabilidades, a enfrentar o imprevisível e a tomar decisões.

Zaneti (2003), na descrição de seu trabalho de pesquisa com os operadores das Unidades de Triagem de Porto Alegre, constatou que estes se sentiam com dignidade, autonomia e responsabilidade. Além disso, a autora apresenta vários relatos demonstrando a consciência e a preocupação que os catadores têm com relação à preservação ambiental e, ainda, descreve os trabalhos de Educação Ambiental desenvolvidos por eles, não só nas Unidades de Triagem como também nas comunidades.

### **2.3.3 Agenda 21 - Princípio dos 3 Rs**

O tema resíduos sólidos na Agenda 21 aparece em diversos capítulos, tendo em vista que a questão dos resíduos perpassa as discussões sobre desenvolvimento, padrões de consumo, saúde, saneamento básico, educação, cidadania, parcerias, legislação, poluição, recursos financeiros etc.

---

<sup>37</sup> DEMAJOROVIC, J., 1994 *apud* PURIFICAÇÃO, A. C. S., 2003

A Agenda 21 ainda é colocada como um guia para a implementação das políticas ambientais uma vez que fundamenta suas propostas na conscientização ambiental, na capacitação nacional e no fortalecimento das instituições para o desenvolvimento sustentável, assim como em tecnologias ambientalmente sustentáveis a disposição de todos.

No Capítulo 21, relativo ao Manejo Ambientalmente Saudável dos Resíduos Sólidos, é recomendado que a melhor maneira de combater o problema do lixo é modificar o padrão de consumo, apontando os passos essenciais para a criação de novas atitudes sociais que evitem os impactos negativos do consumismo exacerbado, tais como: criação de tecnologias limpas de produção, coleta dos resíduos na sua origem e eliminação das embalagens que não sejam biodegradáveis, reutilizáveis ou recicláveis, além da ampliação do alcance dos serviços (universalização dos serviços prestados).

Nesse sentido são apresentadas algumas diretrizes para o equacionamento dos problemas devidos aos resíduos sólidos, e que têm embasado as discussões para as políticas públicas, tais como: a prevenção (através da redução de volume de resíduos na fonte, utilizando tecnologias limpas); a reutilização (reaproveitamento direto sob a forma de um produto); a recuperação (extrair dos resíduos alguma substância, como óxido de metais que possam ser usados em outro processo); a reciclagem (reaproveitamento cíclico de matérias-primas); tratamento (transformação dos resíduos por processos físico, químico, ou biológicos); disposição final (práticas de disposição ambientalmente seguras) e recuperação de áreas degradadas (reabilitar áreas contaminadas por resíduos).

A hierarquia dos 3Rs: Reduzir a geração e o desperdício nas fontes geradoras; Reutilizar os produtos e Reciclar<sup>38</sup> os materiais, segue o princípio de que causa menor impacto evitar a geração de resíduos do que reciclar os materiais após o seu descarte (GRIMBERG et BLAETH, 1998).

Na pesquisa realizada por Zaneti (2003), conforme relatado no depoimento de um técnico responsável pela implantação do Sistema de GIRS em Porto Alegre “(...) *dos 3 Rs, a redução é o mais difícil de realizar. Está mais ligada à indústria do que ao consumidor. Se a indústria pagasse para o governo, na forma de impostos, os resíduos que geram como embalagens, iriam reduzir a sua geração (...)*” (PEREIRA. S., *apud* ZANETI, 2003, p.83).

Atualmente, os resíduos são considerados importantes insumos no processo produtivo, com valor econômico agregado. Para as empresas recicladoras os resíduos são matérias

---

<sup>38</sup> Reciclagem é a recuperação dos materiais descartados, quando ocorre modificação de suas características físicas e estes retornam aos processo produtivo, sendo usados como matéria prima.

primas. Entretanto, antes de incentivar a reciclagem deve-se privilegiar a reutilização, o restauro e o reaproveitamento dos produtos descartados.

Conforme demonstrado em Grimberg et. Blauth (1998, p.32) "*a reciclagem de materiais, embora polua menos o ambiente e envolva menor uso de matérias-primas virgens, água e energia (...) compactua com os níveis gritantes de desperdício que vivemos, podendo destes se beneficiar*" e, ainda que "*(...) a reciclagem tem sido apontada como saída para o equacionamento da problemática dos resíduos.*"

Isoladamente a reciclagem pode ser vista como uma atividade econômica que só visa o lucro para quem nela investe, não sendo considerada, portanto, uma alternativa para conter o crescente volume de lixo que vai para o meio ambiente. Um programa de coleta seletiva, não deve ter como prioridade apenas a separação dos resíduos para reciclar, mas reduzir o consumo e o desperdício, o que, necessariamente, exigirá uma mudança de comportamento nas pessoas. Um dos instrumentos mais importantes para promover essa mudança, segundo Abreu (2001) é a Educação Ambiental, que provocará nos cidadãos o incômodo para passá-los de desconhecedores dos problemas para espectadores; de espectadores para atores e produtores de soluções; de desinteressados para comprometidos e co-responsáveis pelas ações; de responsáveis pelos problemas para parceiros de soluções.

## **2.4 EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

A Conferência de Tbilisi (1977) foi um marco histórico para a Educação Ambiental (EA) conferindo-lhe enfoques interdisciplinares e da participação ativa e responsável dos indivíduos e da coletividade, com vistas a resolução dos problemas ambientais. No Brasil, a Política Nacional de Educação Ambiental foi instituída pela Lei n.º 9.795, de 27/04/99, que define EA como:

Processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimento, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade.

Para Zaneti (2003), a concepção da EA como um instrumento de gestão ambiental, onde possa criar espaços democráticos de exercício do poder de gestão não é percebida nas definições a Educação Ambiental. Para a autora, a Agenda 21 Brasileira contém algumas indicações interessantes a respeito da dimensão política da sustentabilidade, que, embora não estejam diretamente articuladas às questões da Educação, podem ser utilizadas como um instrumento viabilizado de sustentabilidade política da gestão ambiental.

Do trabalho de pesquisa da referida autora, é relevante mencionar o depoimento de uma operadora de Unidade de Triagem, que pode ser considerado uma síntese do que é Educação Ambiental:

(...) EA para mim é essa transformação de comportamento, de atitudes, que as pessoas tem que ter com o seu próprio meio. Eu costumo dizer que cuidar do ambiente não é o fato de tu ser educado ou não, é o fato de tu ser consciente. (...) Para mim, educação ambiental é isso: transformar as atitudes das pessoas. (ZANETI, 2003, p.120)

Purificação (2003), ao avaliar a Educação Ambiental como instrumento de gestão de resíduos sólidos no município de Santo Amaro/BA, verificou que, para a EA ser um instrumento eficiente de gestão, deve-se estabelecer princípios ambientais concretos para o desenvolvimento da autogestão comunitária, como por exemplo promover a mobilização da comunidade na pesquisa de caracterização do lixo e na divulgação das rotinas operacionais dos serviços. Acrescenta, ainda, que para enfrentar o problema do lixo da cidade, é crucial que a comunidade esteja presente, consciente a respeito do problema e disposta a participar efetivamente das soluções.

#### **2.4.1 Participação da sociedade**

Considerando que na execução de um programa de coleta seletiva, ou do próprio gerenciamento socialmente integrado dos resíduos sólidos, a compreensão e a colaboração da população são fundamentais, pois dependerá do empenho das pessoas, a Educação Ambiental torna-se um instrumento por meio do qual pode-se atingir os objetivos de forma mais plena e satisfatória.

Na medida em que acontece a participação consciente dos grupos comunitários, ações concretas de transformação social também ocorrerão, o que influenciará direta ou indiretamente, na transformação da realidade.

Para que haja participação, faz-se necessário que ocorra uma integração entre todos os setores envolvidos no sistema de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos: produtores, população, catadores, poder público, setor privado, intermediários, empresas recicladoras etc.

Para Grimberg e Blauth (1998), a conscientização e as atitudes dos agentes ou educadores, dando exemplo de seu comportamento como geradores e/ou gestores de resíduos, são mais efetivas que as campanhas educativas, as quais servem de estímulo inicial. Porém, esse estímulo precisa ser interiorizado para que mudanças de hábitos aconteçam e novas atitudes tornem-se uma constante no cotidiano das pessoas, tais como: reduzir o padrão de

consumo, não desperdiçar, diminuir a quantidade de lixo gerado e separar o lixo. Uma vez internalizados tais comportamentos, pode-se dizer que o objetivo de educar foi atingido.

Zaneti (2003) afirma que a Educação Ambiental contribuirá como um instrumento básico e indispensável à sustentabilidade dos processos de gestão ambiental, desde que o educador atue como um interprete, evidenciando os aspectos sociais, culturais, políticos, histórico das interações sociedade-natureza.

Grimberg e Blauth (1998) apresentam programas de coleta seletiva dentro de uma orientação ou visão mais humanista, na qual alguns mecanismos utilizados para promover a Educação Ambiental como a troca de recicláveis por bens de consumo, são questionados. Primeiro, porque incentivam a arrecadação de grandes quantidades de materiais contrariando o princípio da redução na geração de resíduos e, segundo, porque a troca pode ser vista com "barganha" de atitudes ecologicamente mais adequadas, o que não estabelece um vínculo ou um compromisso das pessoas para com objetivo a ser alcançado. Apesar dessas críticas, as autoras reconhecem que tais programas educativos podem tornar-se coerentes se o objetivo da coleta seletiva é melhorar a limpeza urbana e dar assistência social à população.

Em Porto Alegre/RS, um dos fatores que contribuiu para o sucesso da implantação da coleta seletiva foi não trocar lixo por incentivo qualquer. Conforme depoimento descrito em Zaneti (2003, p. 82) “(...) a coleta seletiva não foi negociada. As pessoas modificaram sua relação com os resíduos, na medida em que começaram a se sentir co-responsáveis pela solução”.

Alguns programas de educação ambiental nas escolas, como a troca de latas de alumínio por materiais didáticos e/ou equipamentos de informática, incentivaram as crianças a irem atrás do lixo, muitas vezes, gerando-o propositadamente. Programas como o Projeto Escola da Lata e o Programa Pró-Lata, tinham como objetivo aumentar o consumo da produção de latas e de aço no país (GRIMBERG et BLAUTH, 1998, p. 44).

Em relatos dos técnicos do Departamento de Limpeza Urbana (DMLU) de Porto Alegre/RS que conceberam a proposta do Sistema de Gerenciamento e Tratamento Integrado de Resíduos da cidade, conforme descrito por Zaneti (2003), verifica-se a inserção da EA no sistema:

(...) Os resíduos sólidos urbanos começaram a ser abordados sob a ótica e princípios da EA, que apontam o cidadão como gerador do problema e como parte da sua solução. A EA tem como objetivo provocar no cotidiano das pessoas a reflexão e a ação sobre o seu papel e a sua responsabilidade no que se refere à produção, disposição e destinação final dos resíduos gerados na cidade (...) (MALLMANN, A., *apud* ZANETI, 2003, p.81)

e,

(...) o serviço de coleta seletiva em Porto Alegre é um poderoso instrumento de Educação Ambiental, que compõe a política de gerenciamento e tratamento integrado dos resíduos sólidos urbanos da cidade (...) (PEREIRA, S., *apud* ZANETI, 2003, p.81).

Com a pesquisa desenvolvida por Zaneti (2003), conforme verificado nos depoimentos das pessoas entrevistadas, ficou demonstrado que por meio da Educação Ambiental pode-se promover a mudança de comportamento da população que realiza a coleta seletiva, agregando valores de cidadania, consciência ambiental, a inserção dos catadores.

Nesse contexto, acredita-se que projetos concebendo a incineração como alternativa para o tratamento térmico dos resíduos sólidos urbanos, com o aproveitamento de energia, devem estar inseridos em um programa de gerenciamento socialmente integrado que contemple a coleta seletiva, os 3 Rs e a Educação Ambiental com a inserção dos catadores.

## CAPÍTULO 3

### GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE CAMPO GRANDE/MS

Nesse capítulo são apresentados os motivos que levaram os Ministérios Públicos Federal e Estadual a atuarem nas questões afetas ao lixão de Campo Grande, em cumprimento a sua responsabilidade constitucional de "*instituição permanente, essencial à função jurisdicional do Estado, incumbindo-lhe a defesa da ordem jurídica, do regime democrático e dos interesses sociais e individuais indisponíveis*" (PGR/4ª CCR, 1999).

A descrição da área degradada pelo lixão foi fundamentada na vistoria *in loco* realizada quando do acompanhamento, em 09/05/2004, de Inspeção Judicial determinada pela Justiça Federal para dirimir as dúvidas suscitadas no âmbito da Ação Civil Pública interposta pelo Ministério Público Federal, para averiguar a construção de um Presídio Federal em área adjacente ao lixão.

Tendo em vista o Edital de Licitação, publicado pela Prefeitura Municipal de Campo Grande, visando solucionar os problemas da destinação dos resíduos sólidos urbanos da cidade, são apresentados os principais pontos concernentes às exigências para elaboração das propostas técnicas pelas empresas concorrentes. Na sequência, faz-se um análise sucinta das três propostas técnicas que foram encaminhadas ao MPF, em cumprimento à determinação judicial, referentes à implantação de uma usina de tratamento dos RSU com geração de energia.

Dessas propostas técnicas, foram levantados os aspectos de maior interesse ao tema dessa monografia: tecnologia adotada para o tratamento térmico dos RSU, levando-se em conta o processo de triagem e os aspectos socioambientais da solução proposta.

#### 3.1 ATUAÇÃO DO MINISTÉRIO PÚBLICO E LEGISLAÇÃO CORRELATA

A atuação do Ministério Público Federal ocorreu em função da construção de um Presídio Federal em área adjacente à área de disposição final dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Campo Grande. Para tanto, o MPF propôs Ação Civil Pública<sup>39</sup> em face do Município de Campo Grande e da União Federal, com pedido de liminar para impedir a continuidade dos procedimentos licitatórios para a construção do Presídio. O enfoque

---

<sup>39</sup> ACP n.º 2004.60.000390-0

principal da ACP foi a permuta de área da União Federal por outra de menor valor, de propriedade do Município, adjacente à área de disposição dos resíduos sólidos da cidade, sendo portanto lesiva ao patrimônio público, além de levantar os problemas de saúde pública devido aos impactos socioambientais oriundos do lixão.

O Ministério Público Federal atua visando resguardar o direito de todos ao meio ambiente conforme expressamente estabelecido pela Constituição Federal de 1988 em seu artigo 225:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

A propositura da ACP pelo MPF se pautou artigo 129, inciso III da Constituição Federal de 1988, que atribui como função institucional do MP a proteção do patrimônio público e social, do meio ambiente e de outros interesses difusos e coletivos:

Art. 129. São funções institucionais do Ministério Público:

(...)

III – promover o inquérito civil e a ação civil pública, para a proteção do patrimônio público e social, do meio ambiente e de outros interesses difusos e coletivos.

De igual maneira, a Lei Complementar n.º 75/1993, que dispõe sobre o Ministério Público da União (MPU), em seu art. 5º, inciso III, reafirma como função institucional do MPU a defesa do patrimônio público e do meio ambiente. Em seu art. 6º, inciso VII, atribui ao *Parquet* Federal a competência para promover o inquérito civil público e a ação civil pública para a proteção do patrimônio público e social, do meio ambiente, dos bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico e para a proteção de outros interesses individuais indisponíveis, homogêneos, sociais, difusos e coletivos.

Dessa ACP, após petição em Agravo de Instrumento<sup>40</sup>, houve uma Inspeção Judicial na área prevista para se instalar o Presídio Federal e na área do lixão, o que resultou num Termo de Constatação proferido pela Justiça Federal de Campo Grande.

Nesse Termo, foi acordado em Juízo, como condição imprescindível para a construção do presídio no terreno adjacente à área do lixão, a adoção de uma solução para os problemas socioambientais gerados pela disposição inadequada dos resíduos sólidos do município ao longo dos últimos anos, efetuando-se assim a recuperação daquela área degradada.

---

<sup>40</sup> Agravo de Instrumento n.º 2004.03.00.013163-8

Na ocasião, os representantes do Município informaram que estava em curso na Prefeitura um Edital de Licitação prevendo a contratação de uma empresa, que apresentasse a melhor proposta técnica, para prestar os serviços de coleta e tratamento dos resíduos sólidos urbanos, englobando a recuperação da área degradada pelo lixão.

Foi igualmente ressaltado no Termo de Constatação que compete ao Município a responsabilidade técnica e ambiental na conclusão dos estudos ambientais, quer seja para a erradicação do lixão e transformação do local em aterro sanitário ou para a implantação de uma usina de geração de energia elétrica.

Diante da possibilidade de se implantar uma usina geradora de energia a partir do lixo urbano, foi instaurado na Procuradoria da República em Campo Grande um procedimento administrativo<sup>41</sup> visando instruir a atuação do MPF quanto às conseqüências socioambientais da solução proposta.

Dado a questões de competência, houve inicialmente a atuação do Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul (MPE) que, visando salvaguardar o direito ambiental, instaurou, em abril de 1997, um Inquérito Civil Público<sup>42</sup> (ICP) para investigar o aterro sanitário de Campo Grande. Esse ICP resultou, no ano de 1999, em uma ACP impetrada pelo MPE em face do Município de Campo Grande, tendo como objeto a ausência de licenciamento ambiental para a operação do aterro sanitário.

A exigência de processo de licenciamento para empreendimentos ou atividades potencialmente poluidoras é definida, na esfera federal, pela Lei n.º 6.938/81 e pelo Decreto n.º 99.274/90 que, respectivamente, instituiu e regulamentou a Política Nacional de Meio Ambiente, assim como pela Resolução n.º 237/97 do Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, conforme transcrições abaixo:

Lei 6.938/81 de 31 de Agosto de 1981

(...)

Art. 10º. A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores, bem como os capazes sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento por órgão estadual competente, integrante do SISNAMA, sem prejuízo de outras licenças exigíveis.

Decreto 99.274/90 de 06 de junho de 1990

(...)

<sup>41</sup> PA n.º 1.21.000.000382/2004-28

<sup>42</sup> ICP n.º 02/97

Art.17- A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimento de atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem assim os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão estadual competente integrante do SISNAMA, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis.

(...)

Art.19- O Poder Público, no exercício de sua competência de controle, expedirá as seguintes licenças:

I - Licença Prévia - LP, na fase preliminar do planejamento da atividade, contendo requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais ou federais de uso do solo;

II - Licença de Instalação - LI, autorizando o início da implantação, de acordo com as especificações constantes de Projeto Executivo aprovado; e

III - Licença de Operação - LO, autorizando, após as verificações necessárias, o início da atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos de controle de poluição, de acordo com previsto nas Licenças Prévias e de Instalação.

#### Resolução CONAMA n.º 237, de 19 de dezembro de 1997

(...)

Art. 2º- A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis.

§ 1º- Estão sujeitos ao licenciamento ambiental os empreendimentos e as atividades relacionadas no Anexo 1, parte integrante desta Resolução

(...)

-tratamento e destinação de resíduos industriais (líquidos e sólidos)

- tratamento/disposição de resíduos especiais tais como: de agroquímicos e suas embalagens usadas e de serviço de saúde, entre outros

- tratamento e destinação de resíduos sólidos urbanos, inclusive aqueles provenientes de fossas

Pode-se ainda citar a Resolução CONAMA n.º 05, de 25 de junho de 1988, que dispõe sobre obras de saneamento:

(...)

Art. 1º- Ficam sujeitos a licenciamento as obras de saneamento para as quais seja possível identificar modificações ambientais significativas.

e a Resolução CONAMA n.º 01, de 23 de janeiro de 1986, que faz exigências sobre EIA/Rima:

(...)

Art. 2º - Dependerá de elaboração de estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto ambiental - RIMA...

(...)

X - aterros sanitários, processamento e destino final de resíduos tóxicos ou perigosos.

Estabelecem-se assim as exigências legais das licenças ambientais, bem com a necessidade de elaboração de EIA/Rima, para as atividades relacionadas aos sistemas de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos.

### **3.1.1 Histórico das intervenções do MP no lixão**

De acordo com os documentos que fazem parte do ICP do Ministério Público Estadual, a Prefeitura Municipal, em novembro de 1990, protocolou na Secretaria de Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso do Sul<sup>43</sup> o EIA/Rima para implantação de um aterro sanitário. Após análise técnica pela Secretaria, o Conselho Estadual de Controle Ambiental (CECA) emitiu a Licença Prévia n.º 104/91, em 24/10/91. Em janeiro de 1992, a Prefeitura solicitou a Licença de Instalação apresentando o projeto do aterro sanitário. A LI n.º 008/92 foi então emitida em 08/04/92, autorizando a instalação do aterro na área próxima à rodovia BR 060 – Campo Grande/Sidrolândia, às margens do anel rodoviário, ou seja, a área onde ainda hoje são destinados os resíduos sólidos urbanos da cidade.

A irregularidade no processo de licenciamento deve-se à operação do aterro sem a devida Licença de Operação, ocorrendo omissão tanto por parte da Prefeitura quanto do órgão ambiental competente. Sem um permanente controle ambiental, o aterro que fora projetado para operar como aterro controlado transformou-se em lixão.

Incitada pelo Ministério Público, após a abertura do ICP em abril de 1997, a Prefeitura realizou vistoria na área do “aterro sanitário” e a Secretaria Estadual de Meio Ambiente renovou a Licença de Instalação, estabelecendo condicionantes técnicas para que fossem finalizadas as obras do aterro.

Quando da análise do processo para a emissão da Licença de Operação, a SEMADES realizou uma vistoria no local do aterro, em 25/03/1999, com o objetivo de verificar se o projeto apresentado por ocasião do requerimento da renovação da LI, fora implantado. Nessa vistoria<sup>44</sup>, foi constatado que não estavam sendo cumpridas as medidas necessárias para o operação do aterro, tais como: o recobrimento das células aconteciam de seis em seis meses; os sistemas de drenagem e tratamento das águas pluviais, chorume e gases não haviam sido totalmente implantados; não existia nenhum controle dos resíduos de serviços de saúde e havia presença de catadores.

---

<sup>43</sup> Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMADES)

<sup>44</sup> ICP n.º 02/97, fls. 28 e 29

Dados sobre a existência de impermeabilização de fundo e laterais e de sistemas de coleta de percolados e de gases, quando da implantação do aterro, não constam das informações prestadas pela SEMADES e pela Prefeitura que fazem parte dos autos do ICP. Em fotos antigas do aterro é possível verificar a existência de tubulação para a saída dos gases. Como nas condições atuais não existe nenhum sistema para a coleta dos gases, essas manilhas foram, certamente, aterradas junto com os resíduos.

Em um relatório de vistoria da SEMADES, de 13/04/1999, o técnico que o assina, cita como alternativas previstas para a solução do lixo urbano da cidade, a implantação de um novo aterro sanitário ou a implantação de uma usina de incineração dos resíduos com geração de energia<sup>45</sup>.

Nos autos do ICP constam matérias de jornais mostrando que, em meados de 1999, foi aventada a possibilidade de um contrato de concessão para a reciclagem de lixo e produção de energia, no qual participaria o Consórcio CENAGRAN (Consórcio Energético Ambiental de Campo Grande). Na época, por questões não afetas à área ambiental, a Prefeitura não prosseguiu com a proposição de implantar uma usina de geração de energia elétrica a partir do lixo.

Outra informação que consta nos autos do ICP refere-se aos resultados obtidos para o parâmetro oxigênio dissolvido de amostras de água coletadas em um córrego que passa ao lado do lixão, em pontos a montante e a jusante da área de disposição de resíduos. Os valores encontrados foram inferiores aos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 020/86, indicando a possibilidade de que já estaria acontecendo a contaminação das águas devido ao chorume oriundo da degradação dos resíduos sólidos<sup>46</sup>.

A despeito da ACP impetrada pelo MPE em face do Município de Campo Grande nenhuma medida foi, efetivamente, tomada pela Prefeitura visando solucionar os problemas da disposição dos resíduos gerados na cidade. A disposição dos resíduos no mesmo local continuou a ser executada irregularmente e hoje, diante da construção do Presídio Federal nas adjacências da área do lixão e a possibilidade da instalação de sistema de tratamento com geração de energia, o MPF tem atuado na defesa do meio ambiente e dos direitos dos cidadãos.

---

<sup>45</sup> ICP n.º 02/97, fls. 28 e 29

<sup>46</sup> Laudos da Fundação Estadual de Meio Ambiente Pantanal (FEMAP), de nov/2000 (ICP n.º 02/97, fl. 102)

### 3.2 SITUAÇÃO DA ÁREA DEGRADADA PELO LIXÃO

A área degradada recebeu ao longo de mais de dez anos os resíduos sólidos da cidade de Campo Grande sem que os cuidados sanitários e ambientais, preconizados em Normas Técnicas e pela própria Secretaria de Meio Ambiente do Estado tenham sido atendidos. Outro aspecto é que não há, até o momento, conhecimento do grau de contaminação da área.

Com a emissão da Licença de Instalação, pelo órgão ambiental, a Prefeitura iniciou a operação do aterro, numa concepção de aterro controlado, sem, no entanto, nunca ter sido emitida a Licença de Operação. Sem controle e fiscalização, o projeto de aterro transformou-se logo em lixão, trazendo consigo todos os problemas ambientais e sociais causados pela não existência de um gerenciamento adequado dos resíduos sólidos gerados no município.

Pelas atuais condições de degradação da área do lixão, é possível elencar as seguintes conseqüências para o meio ambiente: emissão de odores; proliferação de vetores; contaminação do solo pela disposição dos mais variados tipos de resíduos; contaminação das águas superficiais e subterrâneas devido à ausência de drenagem e tratamento do chorume; problemas de poluição do ar pela inexistência de coleta e tratamento dos gases oriundos da decomposição da matéria orgânica e da queima de resíduos ao ar livre, como pneus e outros; problemas de saúde pública devido aos mais variados tipos de contaminação que extrapolam a área do lixão, mas principalmente devido à presença de catadores que ficam em contato direto com todos os tipos de resíduos, inclusive os de serviços de saúde.

Em vistoria realizada em maio de 2004 pôde-se constatar que o local apresenta características de lixão. Mesmo tendo algumas “unidades” que conferem ao local determinado controle operacional de um aterro controlado, como por exemplo cercas, guarita, guardas, balança para pesagem dos caminhões compactadores, cobertura dos resíduos, outros aspectos (ilustrados em relatório fotográfico – Anexo 1) conferem à área características de lixão, tais como:

- Ausência de sistema de drenagem das águas superficiais;
- Falta de cobertura para a grande massa de resíduos, sem compactação e sem conformação dos taludes expondo, principalmente, aqueles resíduos que foram depositados a mais tempo;
- Ausência de sistema de drenagem dos líquidos percolados (chorume) que escoam para todos os pontos baixos, pela superfície da massa de resíduos e nas laterais que circundam a área de deposição, paralelas às pistas internas de acesso. Grande parte do chorume escoam

também para outra vala situada em uma lateral da área do lixão de onde, provavelmente, já foi retirado material de empréstimo para cobertura dos resíduos;

- Não há sistema de impermeabilização de fundo e das laterais do aterro, haja visto o escoamento desordenado do chorume;
- Parte da lagoa de chorume fica coberta por resíduos flutuantes. Os taludes íngremes, sem conformação e compactação adequada, ficam sujeitos a erosão, propiciando o escoamento dos resíduos diretamente para a lagoa;
- Há combustão espontânea em vários pontos da massa de resíduo, principalmente onde os mesmos já foram depositados tempos atrás. Foi verificada, por ocasião da vistoria, a existência de locais onde ocorria a queima de resíduos, dando a entender que o fogo havia sido intencionalmente colocado;
- Os resíduos dos serviços de saúde eram depositados em uma lateral da área do lixão, que fica ao lado esquerdo da pista de acesso interno em direção da lagoa de chorume. Não existe nenhum critério sanitário para essa disposição como vala específica, isolada, impermeabilizada etc. Sequer era efetuado o recobrimento diário destes resíduos. Havia lixo hospitalar espalhado no outro lado da pista de acesso interno. Nesse local, nas laterais e na parte central do lixão havia grande número de catadores, inclusive com barracas;
- Resíduos especiais como pneus inservíveis e aparas de borracha eram depositados em uma área dentro do terreno do lixão, situada à esquerda de quem entra na guarita. Havia amontoados de pneus e cinzas ao redor, demonstrando a ocorrência de queima ao ar livre.

Além da degradação da área pela disposição dos resíduos, a mesma encontra-se também degradada pela retirada de material de empréstimo (terra) para cobertura dos resíduos, deixando o terreno com grandes valas abertas. Observou-se que, em parte do talude dessa “caixa de empréstimo”, havia a presença de resíduos já estabilizados, indicando que, naquele local, houve em tempos remotos a deposição de lixo. Esse fato confere com a informação constante nos autos do ICP 02/97 (fl.15) de que o DNER havia concedido à Prefeitura caixas de empréstimos situadas ao lado da rodovia MS-060, na saída para o município de Sidrolândia, para a deposição do lixo, até que fosse emitida a LO para o aterro sanitário.

Mesmo considerando que não mais receberá lixo, a área encontra-se degradada necessitando ser recuperada de maneira a minimizar os impactos sanitários e ambientais já ocorridos, englobando também sua área de influência.

Com o objetivo de apresentar uma solução para o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos e para a recuperação da área degradada pelo atual lixão, a Prefeitura Municipal de

Campo Grande publicou o Edital de Licitação visando a contratação de uma empresa para a prestação dos serviços de coleta, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos.

### **3.3 EDITAL DE LICITAÇÃO<sup>47</sup>**

Em abril de 2004, a Prefeitura Municipal de Campo Grande/MS publicou o Edital de Licitação para a contratação de uma empresa, mediante concessão, para prestação dos serviços de coleta, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar, comercial e de serviços de saúde, com posterior geração de energia elétrica.

A prestação dos serviços a ser executada pela empresa concessionária englobaria quatro atividades: a) Coleta dos resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar e comercial e dos resíduos de serviços de saúde; b) Unidade de triagem, tratamento de orgânicos e separação de materiais recicláveis; c) Destinação final dos RSU de origem domiciliar e comercial com tratamento e geração de energia elétrica e d) Tratamento e destinação final dos resíduos de serviços de saúde.

Foi estabelecido no Edital que a coleta dos resíduos sólidos urbanos domiciliar, comercial e de serviços de saúde atenderia 100% das residências, dos estabelecimentos comerciais e dos estabelecimentos de saúde do Município.

Para o tratamento e destinação final dos resíduos, o Edital estabeleceu uma Unidade de Triagem, Tratamento dos Orgânicos e Separação de Materiais Recicláveis, com capacidade mínima de 50 toneladas por dia, e uma Unidade de Tratamento para geração de energia elétrica com capacidade instalada de, no mínimo, 12 MW de potência para processar 450 toneladas por dia de resíduos.

Foi também objeto do Edital a implantação de um aterro específico para destinação dos resíduos oriundos da unidade de tratamento. Foi estabelecido que esse aterro seria utilizado para depósito provisório dos resíduos sólidos domiciliar, comercial e de serviços de saúde, resultantes da coleta diária, até que fossem construídas as unidades de tratamento.

Para os resíduos dos serviços de saúde foi exigido um plano de coleta, tratamento e destinação final específico adotando tecnologias apropriadas a este tipo de resíduo, com capacidade mínima para processar sete toneladas por dia.

O Edital estabeleceu que a Concessionária promoveria o encerramento do atual depósito de resíduos e a recuperação da área degradada. Caso optasse pela não realização desses

---

<sup>47</sup> Processo Administrativo n.º 18.38/2004-15 – Edital de Licitação n.º 21/2004

serviços, a Concessionária repassaria à Prefeitura os custos necessários a realização dos mesmos.

Foi contemplada no Edital a implantação de um projeto de coleta seletiva no Município, englobando inclusive as unidades de saúde, com o objetivo de promover a conscientização e a sensibilização da população. Entretanto, foi estabelecido que a empresa Concessionária ganhadora da licitação deveria implantar a coleta seletiva, no mínimo abrangendo 30% da população, num prazo de até 120 meses, ou seja 10 anos. Consta, ainda, que a Prefeitura incentivaria a criação de uma ou mais Cooperativas de Catadores, com os trabalhadores que estivessem atuando no lixão. Esses trabalhadores passariam a realizar a seleção e a catação na Unidade de Triagem a ser construída pela concessionária.

Para os efluentes gasosos da Unidade de Tratamento (Usina de Energia), o Edital exigiu a emissão de relatórios diários constando todos os compostos do sistema de saída atmosférica em atendimento aos padrões ambientais de emissão.

No Regulamento da Concessão, conforme consta no anexo II do Edital, ficou estabelecido que o monitoramento e controle dos efluentes gasosos contenha, no mínimo, o monitoramento contínuo com registro para os teores de oxigênio (O<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), óxidos de enxofre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), opacidade e taxa de injeção de carvão ativado quando este for utilizado. Estabeleceu também os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos (para substâncias orgânicas e inorgânicas) e a temperatura máxima dos efluentes de 140° C.

No anexo XI, consta uma relação dos volumes das coletas mensais de resíduos sólidos urbanos domiciliar e de saúde, dos anos de 2002 e 2003. De acordo com esses dados tem-se que, em dezembro de 2003, foram coletadas 16.598 toneladas mensais de resíduos domiciliares e 234 toneladas mensais de resíduos dos serviços de saúde.

Quando da Inspeção Judicial e lavratura do Termo de Constatação, foi determinado pelo Juízo que a Prefeitura disponibilizaria para o Ministério Público Federal as informações e o resultado desse processo de licitação. Três propostas técnicas de empresas que participaram da concorrência, conforme Edital, foram encaminhadas pela Prefeitura ao Ministério Público Federal em Campo Grande. Estas propostas foram apresentadas pelas empresas: Consórcio ECOPOLO, Consórcio CAMPO GRANDE e Empresa TRIUNFO.

As tecnologias de tratamento dos resíduos com aproveitamento energético descritas pelas empresas em atendimento às exigências do Edital são sintetizadas a seguir.

### **3.4 PROPOSTAS APRESENTADAS PARA O TRATAMENTO TÉRMICO DOS RSU DE CAMPO GRANDE**

Muito embora as propostas técnicas englobem todas as atividades previstas no Edital, para a elaboração dessa monografia foi dado enfoque à unidade de tratamento e geração de energia. Entretanto, considerando que os resíduos que serão utilizados na unidade de geração de energia têm de passar por processos de separação e/ou preparação, foram também levantados, das proposta apresentadas, alguns aspectos das unidades de triagem, tratamento de orgânicos e separação de materiais recicláveis, com o objetivo de correlacioná-los aos procedimentos de um gerenciamento socialmente integrado dos RSU.

Outro ponto relevante do processo de tratamento térmico, também exigido pelo Edital, é a disposição final dos resíduos gerados na combustão e no sistema de controle dos poluentes, bem como daqueles não passíveis de reciclagem. Assim, foram também verificadas as alternativas propostas pelas Empresas concorrentes para a destinação final de tais resíduos.

#### **3.4.1 Consórcio ECOPOLO**

A área prevista para instalar todas as unidades operacionais, administrativas e de apoio do sistema proposto pelo Consórcio ECOPOLO é vizinha ao aterro atual, no macroanel viário de Campo Grande nas proximidades da saída para o município de Sidrolândia.

Partindo da premissa de que, na situação atual, a coleta dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Campo Grande não é seletiva pressupõe-se que a quantidade de material separado para recuperação e reciclagem será mínima, devido a não separação na fonte.

Do volume de resíduos que serão processados na unidade de triagem (mínimo de 450 t/dia, que corresponde à quantidade média dos RSU coletados diariamente), aproximadamente 313 toneladas por dia (60%) se converterão em combustível para a unidade de geração de energia. Os recicláveis (plásticos, metais e papelão) serão separados pelos catadores e repassados às Cooperativas.

##### **3.4.1.1 Unidade de Triagem**

A unidade de triagem, tratamento de orgânicos e separação de materiais recicláveis proposta pelo Consórcio será constituída de sistema de recepção dos resíduos, sistema de triagem (para a seleção manual dos reciclados), sistema de trituração, sistema de prensagem e sistema de peneiramento. Faz parte dessa unidade a atividade de enfardamento e os depósitos para os recicláveis. Como a mesma será instalada em local fechado, haverá um sistema de exaustão e tratamento dos efluentes para controle de poluentes e de odores (Consórcio ECOPOLO, v. I, 2004, p. 223).

Conforme relatado pelo Consórcio, a tecnologia térmica e mecânica foi associada à separação manual em esteiras de catação, com base nas propriedades eletromagnéticas, ópticas, térmicas, gravimétricas e granulométricas dos materiais (*Op.cit.*, p. 236).

O processo de triagem é, então, apresentado nas seguintes etapas:

- Do fosso de recepção os resíduos serão colocados numa esteira onde ocorrerá a separação manual dos itens de maior tamanho e passíveis de serem utilizados na unidade de geração de energia;
- Os outros resíduos serão processados em autoclaves e, após catação nas esteiras, serão triturados em trituradores distintos para materiais plásticos, para tecidos e restos de madeira e para vidros e rejeitos. Os materiais passíveis de serem transformados em combustível derivado do lixo serão transportados e armazenados em silos de biomassa ou de materiais plásticos. Os vidros e rejeitos serão utilizados como agregado na fabricação de blocos de concreto;
- Os metais ferrosos serão retirados por um separador magnético e os não ferrosos passarão por um separador por turbilhonamento, os quais serão armazenados em *containers* diferentes.

Nessa proposta técnica do Consórcio ECOPOLO, não foi esclarecido o processo de compostagem orgânica, muito embora o composto orgânico tenha sido colocado como um dos produtos a ser gerado, juntamente com a energia e os recicláveis.

Conforme descrito pelo Consórcio, o lixo processado na autoclave ficará limpo e sanitizado, estará em melhores condições de ser manipulado e separado e terá seu volume reduzido a 1/6 do volume inicial. Outra descrição importante nesta proposta refere-se aos plásticos: aqueles contendo elementos clorados, como PVC e poliéster, não sofrerão deformação devido ao calor da autoclave, que atingirá temperaturas da ordem de 160°C. Sendo assim, eles poderão ser facilmente retirados pela catação manual nas esteiras e não entrarão no processo de incineração para geração de energia.

#### **3.4.1.2 Unidade de geração de energia**

A tecnologia de recuperação de energia apresentada pelo Consórcio ECOPOLO foi desenvolvida pela USINAVERDE, empresa brasileira de capital privado, que detém a patente de Mineralização de Resíduos Sólidos Orgânicos com recuperação do calor gerado no processo, produzindo energia elétrica ou térmica. Também possui patente específica para os rotores dos lavadores de gases da incineração.

A Unidade de Tratamento de RSU (também denominada de Unidade de Mineralização de Resíduos Urbanos com Geração de Energia) de Campo Grande terá capacidade para processar 300 toneladas/dia de combustível derivado do lixo (CDR) e é composta pelos seguintes sistemas: a) recebimento do RDF e carregamento do forno; b) incineração; 3) geração de energia; 4) lavagem dos gases e 5) decantação.

O CDR vem da Unidade de Triagem por meio de transportadores de pás e correias e é descarregado no forno. A incineração do combustível acontece em dois estágios: no primeiro os materiais atingem temperaturas superiores a 850° C e no segundo estágio (pós-queima) atingem temperaturas até 1.200° C. Há um sistema de alimentação de gás natural ou gás liquefeito do petróleo (GLP) utilizado na partida inicial ou para correção da temperatura.

No sistema de geração de energia, os gases na saída da câmara de pós-queima são aspirados para a Caldeira de Recuperação através do Duto de Transferência de Gases, provocando a geração de vapor, que será usado para movimentar uma turbina/gerador com capacidade para produzir 2.950 KW de energia elétrica por unidade geradora. Estão previstas três unidade para gerar 8.895 KW.

Os gases resfriados na Caldeira de Recuperação, à temperatura de cerca de 200°C, serão aspirados para o Sistema de Lavagem que é composto por Lavadores Primários e Secundários. A água de lavagem dos gases é recolhida, conduzida à torre de resfriamento e depois encaminhada para o decantador secundário.

No processo de tratamento térmico dos RSU são gerados gases e vapores oriundos da incineração do lixo que após passar pelo sistema de tratamento dos gases (sistema de lavador básico, ácido e filtro de carvão ativado) são lançados na atmosfera. Há também geração de vapor d'água oriundo da torre de resfriamento e dos decantadores.

O monitoramento das emissões gasosas, conforme relatado pelo Consórcio, será efetuado por analisadores contínuos para os parâmetros NOx, SO<sub>2</sub>, CO e O<sub>2</sub>. As emissões de HCl e halogênios serão monitoradas através da amostragem do gás de combustão que passa pela chaminé. As emissões de metais pesados serão monitoradas semestralmente e a coleta e análise do material particulado serão realizadas por empresa prestadora de serviços.

Conforme relatado na proposta técnica, os equipamentos de controle de poluição bem como o monitoramento dos efluentes garantirão o atendimento aos limites de emissão fixados no Edital, assim como o limite máximo para as emissões de dioxinas e furanos atenderão aos procedimentos previstos nas normas técnicas em vigor (Consórcio ECOPOLO, v. 2, 2004, p.392-393).

Não são previstos efluentes líquidos industriais, uma vez que o sistema é fechado e ocorrerá a recirculação de água. Serão necessários o abastecimento de 300 m<sup>3</sup>/dia de água desmineralizada para reposição das perdas. Esse volume de água, conforme apresentado na proposta, será derivado das águas de chuvas armazenadas ou derivado do sistema público de abastecimento.

Os resíduos sólidos oriundos do processo de geração de energia são as cinzas insolúveis resultante da incineração do lixo (Forno F-101), que ficam retidas no fundo do forno e são retiradas por arraste através de uma corrente d'água, sendo descarregada no decantador primário. Outros resíduos são os sais minerais resultantes da neutralização dos gases nos lavadores, os quais serão depositados no decantador secundário (DE-102), sob forma de lama com 30% de água. Além desses, tem os materiais sólidos separados no processo de catação constituindo-se de peças não combustíveis e não recicláveis. Esses resíduos sólidos serão depositados em aterros projetados de acordo com a classificação dos mesmos.

#### **3.4.1.3 Disposição final dos resíduos oriundos das unidades de triagem e incineração**

Foi prevista uma unidade (novo aterro) para dispor os resíduos não só da unidade de tratamento como também receber os RSU oriundos da coleta diária (lixo bruto) até que o projeto seja implantado, concomitantemente com as obras de recuperação do lixão.

A proposta de implantação de um novo aterro consiste em depositar os RSU a serem coletados em cima dos depósitos já existentes. O sistema de drenagem de percolado será executado sobre o atual lixão. Será efetuada a cobertura diária dos resíduos com solo ou material inerte. Serão também implantados um sistema de tratamento dos efluentes e um sistema de monitoramento ambiental para o lençol freático, os percolados e as águas superficiais.

Para a recuperação da área degradada, a proposta apresentada pelo Consórcio ECOPOLO consiste em:

- implantar um sistema de drenagem dos gases, perfurando a massa de resíduos do depósito de lixo já existente e construir drenos, em concreto, nos locais onde serão depositados os novos resíduos;
- para as obras de controle da contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, não será efetuada uma impermeabilização da base do aterro, diante da impossibilidade física e econômica de se retirar todo o lixo já depositado. Foram previstos apenas construção de drenos periféricos.

Em atendimento ao Edital que estabeleceu o prazo de 10 meses para a execução das obras de recuperação do lixão e 24 meses para o início da operação da unidade de tratamento, o Consórcio ECOPOLO apresentou o dimensionamento de um aterro sanitário específico para receber os resíduos sólidos urbanos, incluindo os dos serviços de saúde, que serão coletados nesse período de 14 meses (Consórcio ECOPOLO, v. 2, 2004, p. 408). Conforme descrito na proposta, esse aterro será executado em cima do atual lixão, o qual ainda continuará recebendo os resíduos por 10 meses até que se execute a recuperação da área degradada.

Os resíduos gerados na unidade de tratamento térmico são as cinzas e escórias oriundas do forno de incineração e os materiais particulados retidos nos lavadores de gases das emissões atmosféricas, os quais serão decantados no sistema de tratamento e reuso de água (decantadores). Para estes resíduos, o Consórcio apresentou a proposta de implantação de um aterro para resíduos Classe 1 (perigosos) conforme a Norma NBR n.º 10.004 (ABNT, 2004). Para a caracterização desses resíduos, foi apresentada a composição de escória e cinzas de incineradores de RSU instalados em outros países.

São também classificados como resíduos classe I: o carvão ativado – utilizado nos processos de limpeza dos gases da unidade de preparação do RDF e da usina de geração de energia – e o lodo gerado no sistema de tratamento dos efluentes líquidos, após ser desidratado. Estes resíduos serão destinados ao aterro de resíduos perigosos.

O Consórcio ECOPOLO propôs um sistema integrado para o tratamento dos efluentes líquidos gerado em todas as unidades de tratamento de resíduos, uma vez que estão localizadas na mesma área. Os efluentes são os líquidos percolados (chorume) do lixão, do aterro provisório, do aterro classe I e da unidade de triagem, além dos esgotos domésticos das unidades administrativas. Conforme apresentado, o sistema de tratamento proposto prevê uma eficiência que não só atenda aos parâmetros da legislação como também prevê o reuso do efluente tratado.

### **3.4.2 Empresa TRIUNFO**

Para o processamento e tratamento dos resíduos, a empresa TRIUNFO propõe a instalação das seguintes unidades: 1) Recepção e acumulação do lixo urbano; 2) Triagem e recuperação de materiais; 3) Separação e beneficiamento dos materiais recicláveis; 4) Briquetagem da fração seca (biomassa); 5) Compostagem anaeróbia da fração orgânica; 6) Secagem e maturação da fração orgânica; 7) Tratamento do efluente líquido; 8) Processamento e seqüestro de CO<sub>2</sub>; 9) Biolfiltro de odores; 10) Incineração do lixo hospitalar.

### 3.4.2.1 Unidade de triagem, tratamento dos orgânicos e separação de materiais recicláveis

Conforme descrito na proposta, essa unidade visa maximizar a recuperação energética do lixo urbano, melhorar a qualidade dos materiais recicláveis e promover a inclusão social dos catadores.

A solução tecnológica adotada pela Empresa tem como fundamento básico a “demanda zero de fração orgânica para a destinação em aterro”. Para tanto, o processo de triagem para a separação do lixo coletado, nas várias frações, assume um papel de grande importância.

Na Unidade de Triagem, a fração reciclável como vidros, plásticos de alta densidade e clorados, latas e peças metálicas são triados nas correias transportadoras e, posteriormente, enfardados ou triturados para serem comercializados.

A fração combustível seca com alto poder calorífico como papéis, papelões, plásticos não clorados, borrachas, madeiras, tecidos etc., também será separada na Unidade de Triagem. Esses materiais serão triturados e transformados em biomassa combustível (briquetes) que pode ser comercializada como fonte de energia térmica ou utilizada em caldeiras para a geração de vapor e energia elétrica. A empresa acenou com a possibilidade de incinerar o lixo hospitalar séptico juntamente com a fração combustível seca para gerar vapor e/ou energia.

Para o tratamento da fração orgânica, a tecnologia proposta pela Empresa consiste:

em induzir o processo de fermentação através de Sistema Anaeróbio a Seco, em digestores verticais, pelo processo patenteado DRANCO – (Dry Anaeróbia Composting), tecnologia desenvolvida pela O. W. S. – Organic Waste Systems N.V., sediada na Bélgica, da qual a NTA – Tecnologia Ambiental Ltda. é licenciada exclusiva para o Mercosul (TRIUNFO, 2004, p. 126)

Nesse processo, a matéria orgânica é estabilizada anaerobicamente, a temperaturas de 55° C, produzindo um composto livre de patogênicos e considerável volume de biogás. O processo de fermentação ocorre em 15 a 18 dias, sendo descarregado com um teor de umidade de 40% em peso e encaminhado à unidade de secagem e maturação, permanecendo por sete a dez dias, com aeração forçada, que confere boa qualidade ao adubo produzido.

Conforme descrito na proposta, as principais vantagens desse sistema em relação aos outros processos de compostagem são: não há produção de chorume, não há emissões de gases para a atmosfera, ausência de odores e vetores patogênicos, produção do gás metano e composto orgânico (na proporção de 35% da fração orgânica a ser processada).

Em síntese, para esta Empresa, do total de 455 t/dia de resíduos sólidos urbanos coletados, após separação, tem-se as seguintes frações: 273 t/dia de orgânicos fermentável (60% em peso a ser transformado em composto); 65 t/dia de combustível RDF; 61 t/d de materiais recicláveis e 56 t/d de vapor d'água e rejeitos não fermentáveis.

Os rejeitos inertes oriundos da unidade de triagem serão conduzidos para aterros sanitários.

#### **3.4.2.2 Unidade de geração de energia elétrica**

A geração de Energia Elétrica ocorrerá por meio da queima do biogás (metano proveniente do tratamento da fração orgânica) (TRIUNFO, 2004, p. 127) e através da queima da fração seca, em forma de briquetes ou não, produzindo vapor d'água que irá acionar turbinas acopladas a geradores.

De acordo com a Empresa, a geração de energia por meio da recuperação do biogás é mais vantajosa do que a geração por meio de processos de incineração de resíduos. A justificativa é que estes sofrem rejeição por parte da sociedade e requerem elevados custos de implantação em função da necessidade de equipamentos de controle das emissões gasosas. Considera, ainda, que incineração total dos RSU é economicamente inviável, uma vez que a fração orgânica do lixo contém cerca de 65% de umidade. Além disso, não está em consonância com um dos preceitos do desenvolvimento sustentável, que é a conservação dos recursos naturais, nem com a política de conservação de energia.

A despeito dessa afirmação da Empresa, a proposta técnica apresentada resulta na geração de 6,30 MW de energia em termelétricas utilizando o RDF e 3,50 MW em termelétrica utilizando o Biogás (TRIUNFO, 2004, p. 169).

Independentemente do combustível a ser utilizado no processo térmico para geração de energia, ocorrerá a incineração e, como consequência, haverá emissões atmosféricas, o que requer a implantação de equipamentos de controle da poluição de acordo com a melhor tecnologia disponível. Considerando que foi aventada pela Empresa a possibilidade dos resíduos de serviços de saúde serem incinerados juntamente com a biomassa (briquetes) no processo de geração de energia, torna-se ainda mais necessário o controle das emissões atmosféricas, e da disposição final das cinzas.

Na proposta técnica da Empresa, não foi apresentado como seria efetuado o controle das emissões gasosas geradas no processo de tratamento dos RSU com geração de energia.

### **3.4.2.3 Disposição final dos resíduos oriundos das unidades de tratamento e Recuperação da área degradada pelo lixão**

Para os 30 primeiros meses a partir da concessão, a proposta da Empresa TRIUNFO é implantar um aterro sanitário para receber os resíduos sólidos urbanos até que sejam construídas as unidades de tratamento. Após a operação do sistema, esse aterro sanitário passará a receber os resíduos não utilizados (inertes ) provenientes da usina de triagem e de geração de energia (TRIUNFO, 2004, v. 1, p. 185 e 188).

Verifica-se que a destinação final dos resíduos gerados após o processo de tratamento refere-se apenas às cinzas oriundas da incineração, as quais serão classificadas por meio de ensaios antes de serem encaminhadas ao aterro. Até que isso ocorra, as mesmas serão acondicionadas em caçambas (*Op.cit.*, v. 1, p. 274). Na proposta técnica dessa Empresa não foi levantada a possibilidade das cinzas serem classificadas como resíduo perigoso, o que requer uma destinação final adequada, exigindo a implantação de um aterro para resíduos classe 1 conforme normas técnicas da ABNT.

### **3.4.3 Consórcio CAMPO GRANDE**

Esse Consórcio é formado por empresas que atuam no segmento de limpeza pública e de geração de energia. Dentre as empresas, a Cogerar Sistemas de Energia Ltda. desenvolve sistemas de co-geração de energia e trabalha com gás natural e combustível derivado de resíduos (CDR). O CDR é preparado por meio da triagem do lixo com separação dos orgânicos e inertes, que são triturados e utilizados para produzir energia elétrica, vapor e refrigeração.

Também faz parte do Consórcio o Grupo KOMPAC, que atua na área de energia e meio ambiente com tratamento de resíduos, por meio de pirólise, incineração e conversão a plasma térmico, depuração de gases e centrais termelétricas a biomassa.

#### **3.4.3.1 Unidade de triagem, tratamento dos orgânicos e separação de materiais recicláveis**

A Usina de Triagem (catação manual) dos materiais reciclados, deverá ser operada pela Cooperativa de Catadores e será constituída de fosso para a recepção dos resíduos, esteiras para a separação manual dos materiais e áreas de prensagem e estocagem dos reciclados. Esta será a configuração da Usina até o 30º mês após a concessão dos serviços, sendo posteriormente acoplada à Usina de Tratamento dos orgânicos onde haverá a produção do CDR. Após o 30º mês, a Usina de Triagem receberá também os materiais que serão

segregados mecanicamente na Usina de Tratamento, além de continuar recebendo as coletas diárias dos RSU.

Os materiais oriundos da Unidade de Tratamento, separados mecanicamente na fase de obtenção do CDR e economicamente de recicláveis como: minerais, baterias, *sprays*, tintas, solventes e lâmpadas etc., serão repassados à Cooperativa de Catadores independente de qualquer pagamento (Consórcio CAMPO GRANDE, v. 2, 2004, p. 144) .

Antes da inauguração das unidades que compõem o processo de tratamento dos RSU, os resíduos das coletas diárias continuarão a ser levados ao atual lixão, que estará em fase de recuperação. Posteriormente será construído um novo aterro sanitário, que receberá os resíduos durante as paradas técnicas da usina, os excedentes de coleta e os refugos da unidade de triagem (*Op. cit.*, v.3, 2004, p.10).

#### **3.4.3.2 Unidade de tratamento com geração de energia elétrica**

Na proposta apresentada pelo Consórcio CAMPO GRANDE, essa unidade foi dividida em Usina de Tratamento para a produção do combustível derivado do lixo (CDR) e a Central de Geração de Energia (CGE).

A Usina de Tratamento será construída anexa a Unidade de Triagem. Todos os resíduos coletados serão encaminhados à Unidade de Triagem e, após a separação dos recicláveis, serão transferidos para a Usina de Tratamento, que terá duas linhas de operação. Essas duas unidades (triagem e tratamento) estarão interconectadas.

Nos processos de separação, o lixo é selecionado através de sua granulometria em duas frações que seguem por linhas diferentes onde ocorre a reciclagem mecânica ou a transformação em combustível. Há também a retirada mecanizada dos materiais ferrosos, por ação eletromagnética e a separação balística os materiais mais densos, com retorno destes à Unidade de Triagem manual. Após essa segregação ocorre a trituração, predispondo o material a sua transformação (*Op.cit.*, v.3, 2004, p.80).

Os materiais orgânicos triados passarão por processos de secagem em galpão fechado, dispostos em leiras, o que permite a drenagem permanente da água em excesso na massa de resíduos, e também por um sistema de aeração permanente. Conforme descrito na proposta, “*esse sistema efetivamente produz um material que atende aos requisitos do CDR após uma rápida passagem por equipamentos com tempo de detenção inferior a 72 horas, não apresentando riscos de odores nauseabundos*” (Consórcio CAMPO GRANDE, v.3, 2004, p.81). Parte desse material seco pode ser complementado por processos de cura e ser

transformado em composto orgânico. A secagem das leiras é efetuada por meio de vácuo provocado pelos supressores.

A CGE será constituída por: 1) caldeira, que tem a função de gerar vapor a partir da queima de resíduos sólidos urbanos tratados; 2) sistema de despoluição dos gases efluentes, composto por lavadores ácidos e alcalino, filtro de mangas para a retenção de particulados finos, sorção de dioxinas e furanos e remoção final dos metais pesados e 3) conjunto turbo-gerador (*Op. cit.*, v.3, 2004, p.43). Ainda fazem parte dessa unidade as torres de resfriamento de água para o sistema de condensação do turbina, o que requer a implantação de uma Estação Compacta para o Tratamento de Água – ETA, com vazão de 80 m<sup>3</sup>/h, para a clarificação e desmineralização da água.

Conforme citado pelo Consórcio, o monitoramento da Usina de Triagem, da Usina de Tratamento e da Central de Geração de Energia terá uma frequência maior na fase inicial do processo, passando a ser anual após comprovar a estabilidade dos resultados. Esse monitoramento consistirá em realizar medições de odores e particulados do ar externo, de ruídos interna e externamente, assim como monitorar a quantidade e as características do chorume proveniente do fosso de recebimento dos resíduos, da área de secagem e dos tanques de acumulação (*Op.cit.*, v.3, p.99). Verifica-se, no entanto, que todas essas atividades necessitam ser monitoradas continuamente e não apenas uma vez por ano.

Por outro lado, o monitoramento dos gases da CGE será feito de forma contínua. De acordo com a descrição apresentada pelo Consórcio, tem-se que 90 a 95% dos materiais particulados (MP) serão retidos em multiciclone. Após passarem por esse sistema, inicia-se um processo de resfriamento e os gases serão encaminhados, primeiro, para os lavadores ácidos, seguindo para os lavadores alcalinos, onde são retidos os poluentes que reagem nesse dois meios.

Para o tratamento final dos gases ocorre um reaquecimento, visando diminuir a umidade antes que os mesmos entrem num reator onde são injetados catalisador e carvão ativado visando a retenção de particulados finos, a sorção de dioxinas e furanos e a remoção final dos metais pesados (Consórcio CAMPO GRANDE v.2, 2004, p.108). Desse reator, os gases carregados de sorbentes e reagentes são conduzidos a um sistema de filtro de manga, que têm a função de retirar o material particulado restante e metais pesados (*Op. cit.*, v.2, 2004, p.103). Dos filtros de manga, os gases saem pela chaminé onde serão efetuadas medições contínuas de MP e das emissões gasosas. Constitui-se rejeitos do processo, os materiais particulados retidos pelos sistemas de multiciclone e pelos filtros de manga.

O controle do processo de despoluição dos gases é feito por um sistema modular de controle eletrônico denominado Controlador Lógico Programável (CLP) (Consórcio CAMPO GRANDE, v.2, 2004, p.105). O monitoramento contempla a verificação da pressão estática da fornalha e da saída do exaustor da caldeira, a pressão máxima de vapor e a determinação da concentração para os seguintes parâmetros: MP, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, NO, SO<sub>x</sub>, HCl, TOC, H<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, e o pH na entrada do tratamento dos efluentes gasosos (*Op. cit.*, v.2, 2004, p.109).

### **3.4.3.3 Destinação final dos resíduos gerados no processo de tratamento e recuperação da área degradada pelo lixão**

Conforme Proposta Técnica do Consórcio, as cinzas do processo de tratamento, os resíduos não utilizados na unidade de geração de energia ou não recicláveis e o descarte dos RSU em períodos de manutenção serão destinados a um novo aterro sanitário, que será construído em área contígua à área do lixão. Até que este seja implantado, os resíduos serão dispostos na atual área de disposição dos RSU.

O encerramento da atual área de depósito acontecerá quando esta não mais receber resíduos. As atividades de encerramento e recuperação da área do lixão consistem em trabalhos de conformação geométrica para a regularização da área superficial e dos taludes, drenagem pluvial, drenagem dos gases, drenagem e tratamento dos percolados e recomposição paisagística.

Na conformação da área superficial será feita a cobertura dos resíduos com solo numa camada de 0,50 m. Nos taludes, as falhas existentes serão preenchidas com lixo e solo. A drenagem será efetuada por meio de canaletas de concreto, tipo meia-cana construídas nas bordas superiores da célula e nos pés dos taludes e por meio de canais de drenagem, descidas d'água, para condução das águas das superfícies até a parte inferior do aterro, com caixas de dissipação.

Para a drenagem dos gases serão construídos drenos verticais (tubo metálico preenchido com pedras atravessando verticalmente a massa de resíduos) e em cada um será instalado queimador de gases. A drenagem dos percolados será realizada por meio um dreno cego, profundo, a ser implantado em todo o perímetro do aterro. A recomposição paisagística se dará pela recuperação vegetal com gramíneas, pastagens e a plantação de uma cortina vegetal.

Para a futura utilização da área, a proposta apresentada por este Consórcio é seu uso como área de recuperação paisagística local e como eventual área de cura do composto orgânico.

O monitoramento dos líquidos percolados, das águas subterrâneas e superficiais, dos gases e da área vegetada está atrelado aos procedimentos de manutenção que deverão se estender até a estabilização da massa de resíduos. Para tanto se faz necessário a execução de serviços de manutenção nas estruturas de drenagem dos líquidos e dos gases, nos taludes etc. Na proposta da Consórcio CAMPO GRANDE, o monitoramento dessa área será efetuado conjuntamente com o monitoramento do novo aterro sanitário, assim como o sistema de tratamento dos percolados foi concebido para receber o chorume da área a ser encerrada, do novo aterro sanitário e das unidades de tratamento (usinas de triagem, produção do CDR e de geração de energia), bem como os efluentes sanitários.

Essa proposta não diferencia os resíduos passíveis de serem classe 1 (perigosos), tais como: aqueles provenientes da incineração, do sistema de controle da poluição dos gases e o lodo da Estação de tratamento dos efluentes líquidos, dos demais resíduos inertes ou não perigosos que poderão ser dispostos em aterros sanitários.

## CONCLUSÕES

Por ideologia ou por crença, basendo-se em estudos técnicos ou mesmo em pesquisas científicas, o que se verifica é a existência de trabalhos que concluem ser o processo de incineração de RSU, com ou sem geração térmica de energia, uma grande solução para o gerenciamento do lixo, enquanto outros ponderam que esta solução irá agravar ainda mais os problemas socioambientais, não só pelas emissões de poluentes, como também pela não preservação dos recursos naturais.

A tecnologia de incineração para o tratamento dos RSU, embora bastante empregada em diversos países, especialmente os desenvolvidos, no Brasil sua utilização ocorreu predominante para os resíduos dos serviços de saúde. Projetos de incineração com geração de energia são incipientes e, recentemente, é que se tem construído usinas para o aproveitamento do biogás.

Nos países da Europa e no Japão, essa solução foi adotada em função, principalmente, da escassez de área para a disposição do lixo gerado. Como conseqüência, pesquisas em tecnologias de processos de combustão e de controle das emissões poluentes são priorizadas, bem como a adoção de rigorosos procedimentos de fiscalização e monitoramento, a fim de evitar danos à saúde da população e ao meio ambiente.

No Brasil, a implantação de usinas de incineração dos RSU deve pois ser analisada com cautela, dentro dos princípios da prevenção e precaução do Direito Ambiental. Um exemplo de aplicação desses princípios recai sobre as emissões de dioxinas e furanos, tendo em vista os danos que podem causar e pelo fato de ainda existir muitas dúvidas, incertezas e polêmicas quanto a sua formação, emissão e contaminação, exigindo a intensificação de pesquisas nesse campo da ciência. Sabe-se, contudo, que os incineradores de RSU são considerados uma das principais fontes de emissão de dioxinas e furanos e estes são os compostos de maior toxicidade já analisados. Um dos motivos de grandes polêmicas é o elevado custo de implantação dos equipamentos de controle da poluição e dos processos de combustão, de forma a garantir a funcionamento da usina de acordo com melhor tecnologia disponível no mercado.

Além desse aspecto, há que se considerar que o tratamento (por incineração, compostagem ou aterro sanitário) é um componente de um programa de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, o qual contempla também as etapas de limpeza pública, coleta, acondicionamento, transporte e destinação final. Acrescente-se, ainda, o fato de que o

gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos deve estar fundamentado no princípio dos 3 Rs, tendo na redução da geração o principal enfoque.

Da análise do Edital de Licitação da Prefeitura de Campo Grande e das propostas técnicas das empresas que participaram do processo licitatório para a construção de uma unidade de tratamento dos RSU com geração de energia, conclui-se que:

- Embora o Edital tenha como objeto a concessão dos serviços de coleta, tratamento e disposição final dos RSU e estabeleça que o projeto da usina de tratamento contemple as unidades de triagem, geração de energia e destinação final, o projeto não condiz com um sistema de gerenciamento integrado. A coleta seletiva não foi priorizada e nem mesmo programas de Educação Ambiental envolvendo a população, que promovessem maior conscientização para minimização, foram previstos.
- Não há segurança quanto à combustão dos resíduos, uma vez que, mesmo passando pelas unidades de triagem, é pequena a confiabilidade das características físicas e químicas do lixo ou do CDR a ser incinerado, quanto a presença em maior ou menor quantidade de metais e compostos clorados.
- Não há garantias quanto à disposição das cinzas e escórias oriundas do processo de incineração, assim como não há garantias sobre as emissões atmosféricas, se atenderão aos limites estabelecidos pela legislação ou se os sistemas de operação e controle estão em conformidade com o nível tecnológico necessário.
- Outro aspecto relevante que não fica esclarecido nas propostas técnicas refere-se à recuperação da área degradada pelo lixão. Considerando que a massa de resíduos pode levar mais de 15 anos para se estabilizar, faz-se necessário efetuar manutenção e monitoramento após o encerramento das atividades.
- As tecnologias apresentadas nas propostas técnicas não garantem a viabilidade ambiental para o tratamento dos resíduos por meio da incineração, mesmo com a geração de energia, assim como não compactam com os princípios de um programa de gerenciamento integrado pautado na minimização de resíduos.

Não avaliar prontamente a incineração como uma solução para o tratamento dos RSU no Brasil, não significa dizer que o "modelo" de gerenciamento de resíduos que tem sido empregado na maioria dos municípios brasileiros seja o mais adequado, mesmo porque estamos falando de lixões e/ou aterros controlados.

Lixões em hipótese alguma são admitidos. Tem-se usado aterro controlado como uma variação do aterro sanitário, onde, normalmente, os resíduos são confinados e recebem um

recobrimento com material inerte a cada jornada diária. Porém, esta é uma solução que também causa impactos ambientais, pois não há impermeabilização do solo, sistemas de drenagem e tratamento dos gases e percolados, dentre outros aspectos, não devendo ser adotada como forma de tratamento dos RSU. Os próprios aterros sanitários, que são indispensáveis, pois em qualquer processo de tratamento sempre haverá rejeitos, ocupam grandes áreas e causam degradação ambiental. Portanto, a melhor solução é reduzir a geração dos resíduos na fonte.

No que concerne ao aproveitamento energético dos resíduos, verifica-se que isso ocorre também nos processos de reciclagem e não somente pela produção de energia elétrica oriunda dos processos de incineração. Acrescenta-se que, quanto maior a abrangência da coleta seletiva, maior será o potencial de recuperação energética dos resíduos.

Por outro lado, a geração de energia elétrica pode ser priorizada em projetos que utilizem o biogás dos aterros existentes e dos lixões. Estes, poderão estar inseridos em projetos que conciliem a recuperação da área degradada com a recuperação do biogás dentro da perspectivas das emissões evitadas de carbono, conforme preconizado pelo Protocolo de Kyoto.

Diante dos problemas de tratamento e disposição do lixo, o gerenciamento dos RSU deve ter como premissa básica a não geração, a minimização, a reutilização e a reciclagem, tratando com restrições alternativas como a incineração, tendo em vista os impactos ambientais e as incertezas dos danos que podem ser causados. Um programa sustentável de gerenciamento dos RSU deverá ser socialmente integrado, tendo a Educação Ambiental como grande aliada.

A EA é um instrumento de mobilização e conscientização da importância do papel da população no processo, propiciando a necessária mudança de paradigma na atual sociedade consumidora, induzindo-a a reconsiderar seus padrões de consumo e desperdício, promovendo a cultura de reduzir a geração de lixo, reutilizar materiais e fazer a separação dos resíduos nos seus ambientes domésticos, de trabalho, de lazer, contribuindo-se assim, para o melhor e maior aproveitamento energético dos mesmos, com a conseqüente preservação dos recursos naturais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M. De F. **Do lixo à cidadania**: estratégias para a ação. Brasília: CEF; UNICEF, 2001. 94 p.: il., color.

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

BIZZO, W; GOLDSTEIN Jr., L. Incineração de lixo urbano com geração de energia elétrica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 2., 1995, Campinas. **Anais ...** Campinas: Unicamp, 1995. 6 p.

BLOCH, D.; ATANASIO, F.; MAZZOLI, M. **Criança, catador, cidadão**: experiências de gestão participativa do lixo urbano. [Recife]: UNICEF, 1998. 89 p.:il.

BRASIL. Ministério do meio Ambiente. **Petição**. 1º set. 2004. Disponível em: <[http://www.justicaambiental.org/br/campanha\\_form.asp?conteudo\\_id=2029](http://www.justicaambiental.org/br/campanha_form.asp?conteudo_id=2029)> Acesso em: 17 mar. 2005.

BROLLO, M. J.; SILVA, M. M. Política e gestão ambiental em resíduos sólidos urbanos: revisão e análise sobre a atual situação no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. [**Anais eletrônicos ...**] João Pessoa: ABES, 2001. 27 p. 1 CD-ROM.

CALDERONI, S. Lixo e energia elétrica: a nova fronteira da economia ambiental. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E LIMPEZA PÚBLICA, 7., 2000, Curitiba. [**Anais eletrônicos...**] Curitiba: ABLP, 2000. Disponível em: <<http://www.reciclaveis.com.br>> Acesso em: 12 abr. 2005.

CARNEIRO, J. D. Coppe realiza estudos para produzir eletricidade e evitar o desperdício: mais energia, menos produção. **CienciaHoje**, v.30, n. 177, p.46-48, nov. 2001.

**Coleta seletiva**. São Paulo: CETESB, 1997. 14 p. (Apostilas Ambientais).

CONAMA. **Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA**. Pesquisa, organização, remissão, comentários e revisão de Waldir de Deus Pinto e Marília de Almeida. Brasília: W.D. Ambiental, 1999. 932 p.

CONSELHO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. Directiva do Conselho de 8 de junho de 1989. Relativa à prevenção da poluição atmosférica proveniente de novas instalações de incineração de resíduos urbanos. **Directiva do Conselho n. 89/369/CEE**, Luxemburgo, 08 jun. 1989. 8 p. Disponível em: <[http://www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT\\_LC\\_131\\_1\\_0001.htm](http://www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT_LC_131_1_0001.htm)> Acesso em 3 abr. 2005.

CONSELHO DAS COMUNIDADES EUROPEIAS. Directiva do Conselho de 21 de junho de 1989. Relativa à redução da poluição atmosférica proveniente das instalações existentes de incineração de resíduos urbanos. **Directiva do Conselho n. 89/429/CEE**, Luxemburgo, 21

jun. 1989. 9 p. Disponível em: <[http://www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT\\_LC\\_132\\_1\\_0001.htm](http://www.diramb.gov.pt/data/basedoc/TXT_LC_132_1_0001.htm)> Acesso em 3 abr. 2005.

**Criança no lixo, nunca mais!:** manual do promotor público. Brasília: PGR/4ª CCR, 1999. 56 p. (Programa “Lixo e Cidadania”).

DEMPSEY, C. R.; OPPELT, E. T. **Incineração de resíduos perigosos:** uma revisão crítica atual. Traduzido por Milton Norio Sogobe. São Paulo: CETESB/EET, 1987. 80 p. Título original: *Incineration of hazardous waste: a critical review update*.

GRIMBERG, E., BLAUTH, P. (Org.) **Coleta seletiva:** reciclando materiais, reciclando valores. São Paulo: Pólis, 1998. 104 p. (Publicações Pólis).

GRIPP, W. G. **Aspectos técnicos e ambientais da incineração de resíduos sólidos urbanos:** considerações sobre a proposta para São Paulo. São Carlos: 1998. 208 f. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

**Incineração.** São Paulo: CETESB, 1997. 21 p. (Apostilas Ambientais).

Incineradores são apontados como alternativa. **Correio Popular**, Campinas, São Paulo, 03 abr. 2003

LEUZINGER, M. **Direito ambiental constitucional.** [Brasília]: UnB/CDS, [2004]. 44 p.

LIMA, L. M. Q. **Tratamento de lixo.** São Paulo: Helmus, [1985]. 242 p.

**Lixo municipal:** manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT; CEMPRE, 1995. 278 p.

Lixo vai gerar energia para 200 mil pessoas. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 23 jan. 2004.

MACHADO, Jacimara Guerra. **Gestão ambiental na administração pública:** as mudanças dos padrões de consumo "começa em casa". 2002. 125 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração Gestão e Política Ambiental) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

MANDARINO, Adriana Sobral Barbosa. **Gestão de resíduos sólidos domiciliares:** legislação e práticas no Distrito Federal. 2000. 108 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração Gestão e Política Ambiental) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

MANSUR, G. L.; MONTEIRO, J. H. R. P. **O que é preciso saber sobre limpeza urbana.** 2.ed. Rio de Janeiro: IBAM/CPU; MBES/SNS, 1993. 126 p.: il. Convênio: Centro de Estudos e Pesquisas Urbanas do Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM) e a Secretaria de Saneamento (SNS) do Ministério do Bem-Estar Social (MBES).

MENEZES, R. A. A.; GERLACH, J. L.; MENEZES, M. A. Estágio atual da incineração no Brasil. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E LIMPEZA

PÚBLICA, 7., 2000, Curitiba. [**Anais eletrônicos...**] Curitiba: ABLP, 2000. Disponível em: <<http://www.luftech.com.br/art07.htm>> Acesso em: 2 mar. 2005.

MILANEZ, B.; TEIXEIRA, B. A. do N. Contextualização de princípios de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21, 2001, João Pessoa. [**Anais eletrônicos ...**] João Pessoa: ABES, 2001. 11 p. 1 CD-ROM.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Estudo do potencial da geração de energia renovável proveniente dos “aterros sanitários” nas regiões metropolitanas e grandes cidades do Brasil**. Brasília, 2004. Convênio: Ministério do Meio Ambiente e FEALQ.

MOTA, A. **Economia ambiental**. [Brasília]: UnB/CDS, 2004. 12 f.

**NovaGerar**. Rio de Janeiro: EcoSecurities Brasil, 2004. 3 p. (EcoSecurities). Projeto.

Novas pesquisas apontam para importantes avanços. **CEMPRE**, São Paulo, n. 64, jul./ago. 2002

OLIVEIRA, L. B.; HENRIQUES, R.; PEREIRA, A. S. **Coleta seletiva, reciclagem e conservação de energia**. [Rio de Janeiro]: UFRJ/COPPE, s.d. Disponível em: <<http://www.ivig.coppe.ufrj.br/doc/cbe.pdf>> Acesso em: 30 mar. 2005.

OLIVEIRA, L. B. Lixo que vale ouro. **Jornal FAPERJ 2000**, Rio de Janeiro, n. 12, p. 10-11, out./nov. 2000.

OLIVEIRA, L. B.; ROSA, L. P. **Usinas termelétricas híbridas: geração de energia com balanço nulo de emissões de gases do efeito estufa, usando combustível fóssil e biomassa residual**. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA, 9., 2002, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2002, p.1830-1836.

**Pesquisa de nacional de saneamento básico 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. 431 p. 1 CD-ROM.

PINTO, W. de D. **Legislação federal de meio ambiente**. Brasília: Ibama, 1996. 3 v. + suplemento.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. **Edital da usina de tratamento integrado de resíduos sólidos urbanos**. Concorrência n.º 011/95. Campinas: Secretaria Municipal de Serviços Públicos/Departamento de Limpeza Urbana, 1995. 236 p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO GRANDE. **Edital de concessão para a prestação de serviços públicos de coleta, tratamento e destinação final de resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar e comercial, bem como a coleta, tratamento e destinação final dos resíduos sólidos de serviços de saúde, com posterior geração de energia elétrica a partir do tratamento dos resíduos domiciliar e comercial, na zona urbana da sede do município de Campo Grande – MS**. Proposta técnica Consórcio Campo Grande. Licitação n.º 021/2004. Campo Grande: Secretaria Municipal de Governo. Comissão Especial de Licitação, 1995. 3 v.+anexo.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Proposta técnica Consórcio Ecopolo. Licitação n.º 021/2004. Campo Grande: Secretaria Municipal de Governo. Comissão Especial de Licitação, 1995. 2 v.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Proposta técnica Triunfo. Licitação n.º 021/2004. Campo Grande: Secretaria Municipal de Governo. Comissão Especial de Licitação, 1995. 2 v.+anexo.

Projetos reduzirão emissão de gás em aterros. **O Estado de SP**, São Paulo, 03 jun. 2004.

PURIFICAÇÃO, Ana Cristina Silva da. **A educação ambiental como instrumento de gestão de resíduos sólidos no município de Santo Amaro - BA**. 2003. 80 f. + anexos. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração Gestão e Política Ambiental) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

REMEDIO, M. V. P.; MANCINI, S. D.; ZANIN, M. Potencial de reciclagem de resíduos em um sistema com coleta de lixo comum. **Engenharia sanitária e ambiental**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 58-69, abr./jun. 2002.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. 2.ed. Rio de Janeiro: Garamond. 2002. 96 p.

SALGADO, M. G. **Remediação de áreas degradadas por resíduos sólidos**: estudo de caso da cidade de Americana. 1993. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, área de concentração Recursos Humanos e Saneamento) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 1993.

SENAGA, M. CETESB recebe R\$ 450 mil do Ministério do meio Ambiente para o laboratório de dioxinas e furanos. São Paulo: CETESB, 2005. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Noticias/005/01/10\\_laboratorio.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/Noticias/005/01/10_laboratorio.asp)> Acesso em: 29 mar. 2005.

SENAGA, M.; EGYDIO, R. **Sistema de crédito de carbono pode trazer benefícios a aterros sanitários**. S.l: 2004. 3 p.

**Substância violenta criada pelo homem dioxina**: o derradeiro alerta. Disponível em: <<http://www.segurancamao.com.br/info/dioxina.htm>> Acesso em: 29 mar. 2005.

UFRJ/COPPE. **Usinaverde**: Incineração de resíduos sólidos urbanos para evitar a formação de metano em aterro e geração de eletricidade com aproveitamento energético para autoconsumo. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2004. 14 p.

ZANETI, Izabel Cristina Bruno Bacellar. **Educação ambiental, resíduos sólidos urbanos e sustentabilidade**: um estudo de caso sobre o sistema de gestão de Porto Alegre, RS. 2003. 176 f. + anexo. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração Gestão e Política Ambiental) - Centro de Desenvolvimento Sustentável, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

## ANEXO