

Incineração como Opção de Gerenciamento de Resíduos Urbanos

L. F. Ávila*

R. J. C. Cardoso**

Por milhares de anos, as comunidades urbanas têm utilizado e reconhecido como eficiente o processo de queima dos resíduos urbanos para redução do volume de sólidos descartáveis gerados na indústria, comércio, residências, agricultura e várias outras atividades humanas.¹ Este método de destinação dos resíduos vem crescendo ao longo dos tempos, como também vêm melhorando os processos de queima, aproveitamento das energias dos resíduos e principalmente o desenvolvimento de pesquisas e aprimoramento de equipamentos auxiliares aos incineradores, com o objetivo de detectar os inconvenientes do processo da combustão e retirá-los antes que atinjam o meio ambiente.²

A revolução industrial - que foi acompanhada de grande concentração urbana a partir do século XIII, acentuada no século XIX - provocou uma produção exagerada do lixo, ameaçando a saúde das comunidades e gerando custos cada vez mais elevados para o controle e destino final dos resíduos. A forma indiscriminada e aleatória da queima de parte dos resíduos agravou ainda mais a agressão ao meio ambiente, que já vinha sofrendo com as atividades industriais. Data daquele período a implantação, na Inglaterra, do primeiro incinerador de lixo sólido, instalado no Comissionado de Nottingham em 1874 (2). Porém, em 1912 já existiam aproximadamente 300 incineradores e, destes, 76 aproveitavam a energia dos resíduos urbanos.³

À época, outros países como Suécia, Alemanha, França, USA, passaram a usar intensamente a incineração como auxiliar na destinação final do lixo, principalmente o lixo urbano.^{1,2}

A partir de 1960 foram adotadas, em alta escala, para a destruição de lixos perigosos, incineradores com equipamentos auxiliares para retirada das cinzas e moléculas que agredem ao meio ambiente, dando-se um destino específico a tais resíduos. Essa tecnologia não parou de desenvolver-se até os presentes dias.

Segundo um estudo recente, a magnitude dos percentuais de resíduos urbanos incinerados por vários países (tabela 1), evidencia uma grande probabilidade de crescimento da incineração como destino final dos mesmos. Enquanto isso, a produção individual de lixo sólido municipal domiciliar tem aumentado rapidamente sua produção, que gira, atualmente, em torno de 1kg/pessoa/dia, com grande aumento de componentes de celulose e plásticos e grande redução de matéria orgânica .

O presente trabalho mostra dados atuais de alguns tipos de tratamento utilizados para o destino final dos resíduos urbanos em nível mundial e particularmente dos Resíduos Sólidos de Saúde (RSS).

A seguir são mostradas também as melhorias do processo de incineração quanto à redução dos níveis de emissão poluentes, confirmando-se ser esse processo uma das alternativas do destino final dos RSS.

As nossas observações referem-se ao Gerenciamento dos Resíduos Sólidos de Saúde produzidos pela Região Metropolitana de Salvador, demonstrando-se, com tabelas e outros recursos, o processo de incineração mundialmente utilizado e outros meios de destruição por meio de novas tecnologias.

As Alternativas do Tratamento e Destino Final dos Resíduos Sólidos de Saúde (RSS).

Os processos de tratamento dos Resíduos Sólidos de Saúde se subdividem substancialmente em dois tipos:

- a) Técnicas de tratamento parcial (esterilizante) onde a massa e as propriedades físico-químicas não são fundamentalmente modificadas;

b) Técnicas de tratamento completo provocando modificações físico-químicas no material.

Podemos citar, como processos de tratamentos parciais, os seguintes:

- aterro simples ou controlado;
- esterilização a vapor (autoclave);
- esterilização a calor seco;
- esterilização por agentes químicos (líquidos e gasosos);
- microondas;
- radiação gama ou similares;
- feixe de elétrons;

Quanto aos tratamentos completos temos:

- incineração convencional, com excesso de ar na combustão;
- incineração com redução de ar na combustão dos resíduos e excesso de ar na segunda câmara;
- pirólise;
- conversão via plasma.

Cabe ressaltar que os processos acima têm aplicação condicionada a fatores que vão desde as restrições da legislação ambiental e disponibilidade financeira do setor público à falta de incentivo governamental (linhas de crédito específicas para esse setor).

Processo Convencional de Incineração

A incineração é um processo de combustão controlada, que transforma resíduos sólidos, líquidos e gases em água, dióxidos de carbono além de outros gases (fluxograma Fig. 1), reduzindo o volume e o peso inicial em até 96%.

No processo de incineração (Fig. 2) as temperaturas são relativamente elevadas, podendo atingir 1.100°C e expondo os materiais do incinerador, tais como refratários, metais, etc. ao ataque por oxidação e reações químicas, que provocam a

corrosão destes materiais e sua degradação prematura. Observa-se também o uso inadequado de materiais metálicos na fabricação de incineradores, principalmente nos dutos de condução das emissões gasosas, fabricação de ciclones, lavadores de gases, etc.

Podemos utilizar, no processo de incineração, o enriquecimento do ar de combustão com oxigênio, com os seguintes objetivos:⁴

- aumentar a produtividade do incinerador;
- economizar o combustível auxiliar da incineração;
- aumentar o tempo de residência dos gases, pós-incineração;
- aumentar a temperatura nas câmaras de combustão;

Além desses efeitos admite-se⁴ que o enriquecimento do ar de combustão com oxigênio inibe a formação de dibenzodioxinas policloradas e dibenzofuranos. A maioria das dioxinas e furanos tem sua síntese dentro dos particulados não-queimados numa faixa de temperatura variando entre 300 a 700°C.⁴ Na combustão enriquecida, o excesso de oxigênio atua como oxidante dos particulados e eleva a temperatura de seu núcleo a valores muito superiores à condição de formação de dioxinas e furanos.

O processo de incineração é bastante utilizado na Europa, Estados Unidos e Japão conforme pode ser observado na Tabela - 1 (1,2,3). Observa-se também que tal processo contribui para o destino final de 31% do lixo municipal urbano desses países.

A incineração é um método de destruição final do lixo, cujo emprego é restrito no Brasil. Conforme podemos observar na Tabela 2 (1,2), o percentual de incineração se restringe a 0,2% dos resíduos sólidos, oriundos dos setores de portos, aeroportos e de saúde. O país também não dispõe de leis e padrões de proteção ao meio ambiente que facilitem o projeto, a construção e a instalação de novas unidades de incineração, permitindo-se, nos dias atuais, operações de incineradores que contaminam o meio ambiente e, ainda mais grave, que se instalem novas unidades sem equipamentos de tratamento das emissões gasosas, prática mundialmente condenada.

Fig. 1 Fluxograma de Processo de um Sistema de Incineração

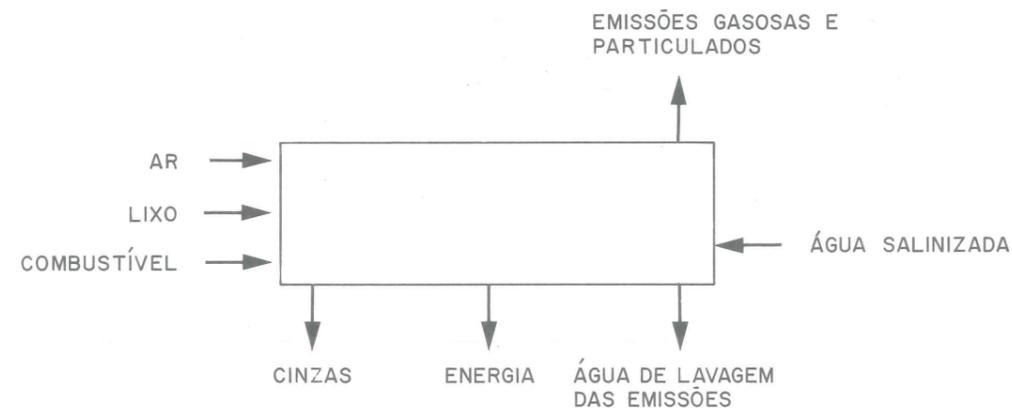


Fig. 2 Esquema da Instalação do Sistema de Incineração de Resíduos Sólidos de Saúde

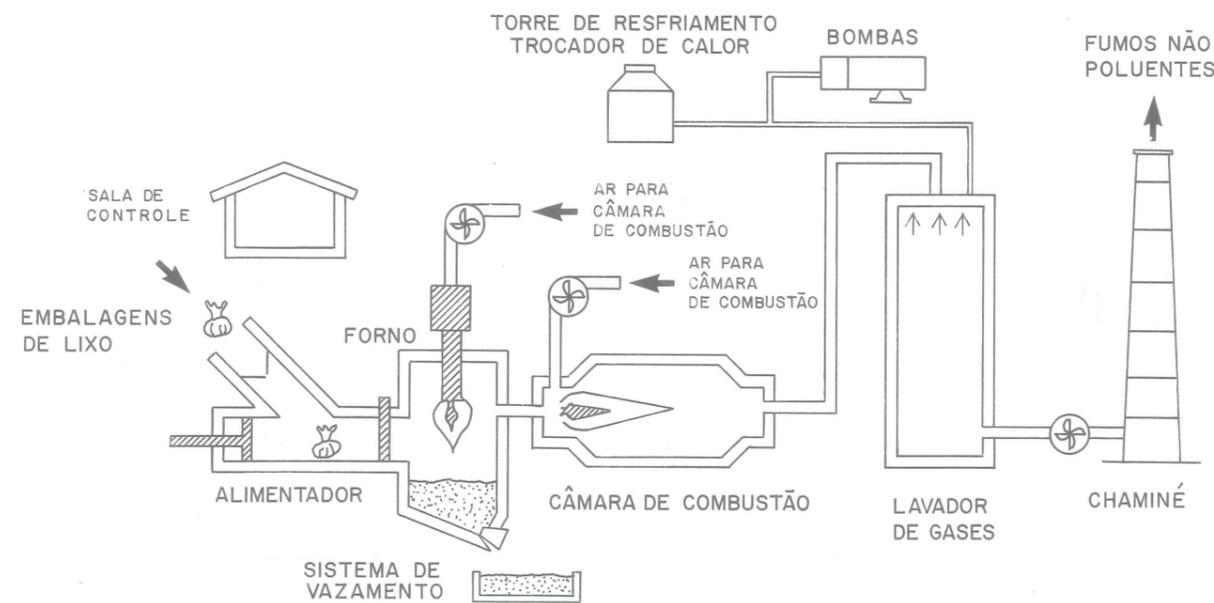


Tabela 1

Situação da produção e tratamento de resíduos por incineração, na Europa, Estados Unidos e Japão

| País | População (106 Hab.) | Produção de Lixo (103t/ano) | Produção Per Capita (kg/hab/ano) | Nº de Incineradores | Qtde de Lixo Incinerado (103t/ano) | Percentual de Lixo Incinerado |
|---------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Japão | 122 | 42.960 | 352 | 1.899 | 30.860 | 75 |
| USA | 232 | 136.900 | 590 | 157 | 13.690 | 16 |
| Áustria | 6 | 1.600 | 270 | 3 | 35 | 22 |
| Bélgica | 10 | 2.800 | 280 | 29 | 132 | 47 |
| Suíça | 6 | 2.200 | 370 | 34 | 170 | 77 |
| Alemanha | 60 | 19.000 | 320 | 47 | 650 | 34 |
| Dinamarca | 5 | 1.800 | 360 | 46 | 145 | 81 |
| França | 54 | 17.000 | 315 | 284 | 700 | 41 |
| Inglaterra | 57 | 18.000 | 320 | 38 | 180 | 10 |
| Itália | 57 | 14.000 | 250 | 80 | 250 | 18 |
| Holanda | 14 | 4.300 | 310 | 11 | 170 | 40 |
| Suécia | 8 | 2.500 | 310 | 23 | 140 | 56 |
| Total Europa | 277 | 83.200 | 300 | 595 | 25.720 | 31 |

Tabela 2

Incineração de lixo domiciliar urbano em diferentes países

| Países | Lixo Urbano % incinerada | Nº de Incineradores | Porcentagem de Incineradores com aprov. energia |
|-------------|--------------------------|---------------------|---|
| Canadá | 09 | 17 | 7 |
| U.S.A | 16 | 168 | * |
| Japão | 75 | 1.900 | * |
| Suécia | 55 | 23 | 86 |
| Dinamarca | 71 | 38 | * |
| França | 42 | 170 | 67 |
| Suíça | 77 | 12 | 72 |
| Alemanha | 35 | 47 | * |
| Itália | 18 | 94 | 21 |
| Espanha | 06 | 22 | 61 |
| Reino Unido | 10 | 30 | 33 |
| Brasil (5) | 0,2 | 49 | - |

Fonte de referência: (1-2)

* As referências não quantificam as plantas de incineração com recuperação de energia.

Princípios Básicos na Combustão

A combustão incompleta vai dar origem a compostos aromáticos policíclicos (PACs), cujas concentrações individuais de PACs, em condições normais de operação, não deverão ultrapassar valores superiores a 10ngm^{-3} . Também dectou-se nos PACs um certo número de halogenados (clorobenzenos e clorofenóis), os quais são precursores na formação das dioxinas e furanos, poluentes com alto grau de toxicidade, porém passíveis de serem eliminados a níveis desprezíveis sem ataque ao meio ambiente.

Quando comparados os níveis de emissão dos PACs de incineradores⁵ de resíduos urbanos com outras emissões, verifica-se que termoelétricas⁶ e motores diesel⁷ (tabela 3) emitem mais PACs, tendo como conseqüência a possibilidade de formar dioxinas e furanos em maior quantidades do que os incineradores.

Tabela 3

Emissão de compostos policíclicos aromáticos, oriundos da queima de combustíveis de origem fóssil (6 e 7).

| PAC | Motor Diesel μgm^{-3} | Termoelétrica Carvão Mineral Combustível μgm^{-3} | Termo Elétrica Óleo BPF μgm^{-3} |
|--------------------|----------------------------------|--|---|
| Flourine | 13 | 0,4 | 0,6 |
| Fenantreno | 80 | 4,4 | 2,5 |
| Metilfenantreno | 215 | - | - |
| Flourantene | 65 | 2,5 | 0,9 |
| Pireno | 42 | 6,4 | 0,5 |
| Benzo(a)fenantreno | 26 | 0,4 | 0,1 |
| Benzo(a)pireno | 13 | - | 0,05 |
| Benzo(e)pireno | 7 | 0,02 | 0,01 |

Para a remoção dos PACs, segundo Davies e al,⁷ recorre-se ao uso de sistemas de lavagem das emissões gasosas e também à limpeza destas com precipitadores eletrostáticos, os quais possuem uma alta eficiência na retirada dos PACs.

As dioxinas - policlorodibenzeno-p-dioxina ou (PCDD) ou simplesmente dioxinas e os policlorodibenzenofuranos (PCDF) ou furanos, são isómeros com alto grau de toxicidade para o ser humano existindo no meio ambiente como solo em sedimentação, rios e lagos, resíduos de muitos produtos químicos, herbicidas, amostras de resíduos perigosos de origem industrial, aterros sanitários, lixões, lixões em combustão, veículos automotores, lodos de pântanos, chorumes, etc.

Os PCDDs, e PCDFs são extremamente tóxicos para a saúde humana, segundo estudos desenvolvidos por Tosine e Oakland (8 e 9). Os PCDDs, e PCDFs, são altamente estáveis no meio ambiente e apresentam dificuldades de amostragem, assim como a sua análise é de difícil detecção devido, principalmente, à baixa concentração na maioria dos meios em que são encontrados. São sólidos com alto ponto de fusão e ebulição, baixa solubilidade em água, além de difícil identificação por mais que se encontre em forma pura. Sua eliminação em incineradores para resíduos urbanos domiciliares, é recomendada através o uso de equipamentos auxiliares, instalados pós-câmara de combustão, tais como:

- lavadores de gás com água salinizada, para remoção de dioxinas, furanos, NOx, SOx, etc.
- filtros em lâ de vidro, com temperaturas controladas.

- injeção de cal a seco.
- filtros de precipitação eletrostática a seco ou úmidos.
- filtros de carvão ativado.

Atualmente, as exigências ambientais, em vários países, condicionam a instalação e operação de incineradores que permitam a retirada das dioxinas e furanos a níveis mínimos, que não agridam o meio ambiente. Na tabela 4, pode ser observada a evolução dos equipamentos auxiliares na eficiência de retiradas dos citados poluentes. Foram aí comparadas as análises de incineradores antigos e de incinera-

dores mais novos e aqueles que possuem sistema eficiente de retiradas de dioxinas e furanos. Na tabela 4 observa-se também que o Canadá reduziu o teor total de dioxinas e furanos - de 1.100 a 7.200ngm⁻³, encontrado em um incinerador em Hamilton - para as instalações de incineração em Quebec, com teor total de dioxinas de 0,4ngm⁻³.

Não existem plantas via plasma operando em escala industrial. O sistema ainda está em fase de implantação em alguns países, a exemplo da França, com duas plantas em fase de instalação.

Esterilização a Vapor por Autoclave

Nesse processo, os RSS são triturados e submeti-

Tabela 4
Variação de emissões de PCDDs e PCDFs de vários tipos de Incineradores de Resíduos Sólidos Domiciliares Urbanos, considerando unidades antigas e novas, com equipamentos de limpeza dos gases de emissão(11,12)

| Planta de Incinerador | PCDD µgm ⁻³ | PCDF µgm ⁻³ |
|-----------------------------|------------------------|------------------------|
| Bélgica | | |
| Incinerador A | 3.900 | 4.600 |
| Incinerador B | 840 | 2.900 |
| Canadá | | |
| Hamilton, Ont. | 1.100 - 7.200 | 3.000 - 10.000 |
| Prince Edward Island | 60 - 190 | 100 - 210 |
| Montreal | 0,01 - 0,75 | 0,02 - 0,54 |
| Quebec Ont. | 0,4 | 0,9 |
| Alemanha | | |
| Neustadt | 5 | 9 |
| Stapelfeld | 20 - 40 | 90 - 120 |
| Wurzberg | 12 - 36 | 10 - 54 |
| Incinerador X | 130 - 610 | 300 - 2.400 |
| Suíça | | |
| Média de nove Incineradores | 1.500 | 1.300 |
| USA | | |
| Hampton, VA | 500 - 3.800 | 1.600 - 16.000 |
| Chicago, IL | 30 - 40 | 170 - 180 |
| Westchester, NY | 15 - 30 | 50 - 80 |
| Marion, OR | 0,8 - 1,5 | 1,0 - 2,0 |

Novas Tecnologias, para o tratamento dos Resíduos Sólidos dos Serviços de Saúde (RSS)

Queima via Plasma

É o processo que utiliza aquecimento pelo estado do plasma, o qual é obtido pela passagem de corrente elétrica através de um gás ionizado, proporcionando elevadas temperaturas e provocando reações termoquímicas muito rápidas. É aplicada uma vaporização nos gases de saída para inocular os produtos da combustão e gerar uma escória fundida, vítrea.¹⁴

dos a uma temperatura de desinfecção em torno de 160°C e pressão de 3,8 bar. Os autoclaves são de vários tamanhos e sua seleção dependerá da quantidade de resíduos produzida nos hospitais ou centros de saúde. Após esterilizados, são conduzidos a aterros sanitários.

Existem instalações do sistema de esterilização por autoclave em mais de 50 países. A capacidade desses equipamentos é das mais variadas, desde os pequenos esterilizadores para material cirúrgico, até equipamentos podendo conter entre 300 a 2.000 litros. O triturador tem capacidade de processar vidros, agulhas, etc.¹⁴

Tratamento Químico e Maceração

Os RSS são triturados e submetidos a um banho desinfectante à base de hipoclorito de sódio, com pH em torno de 4,5 a 6,0. Esse tratamento se processa automaticamente em uma caixa de lavagem, cujo interior encontra-se com pressão negativa, para que se evite escape de qualquer substância do interior da referida caixa. Após a desinfecção, os resíduos são levados para o aterro sanitário.

A capacidade do equipamento varia entre 300 a 1.500kg/hora de resíduos processados. Os processadores podem ser fixos ou móveis e já operam em vários países. No Brasil encontra-se em fase de instalação em Campinas, Santos e Jacareí, em São Paulo, com aprovação da CETESB para a licença de funcionamento.¹⁴

Desinfecção por Microondas

Consiste no processo de tratamento por polimerização reversa (despolimerização) sob aplicação da microondas, para transformar os resíduos hospitalares em carvão e outros compostos químicos. Através do uso de ondas eletromagnéticas, ocorre a desintegração dos resíduos, que são transformados em carvão, sílica e outros elementos de natureza gasosa. Tem capacidade também para transformar pneus em "negro de fumo" podendo este ser reutilizado como tal. Os resíduos são depositados em aterros sanitários.

Existem três unidades operando no Canadá; em fase de instalação há uma unidade no Rio de Janeiro e outra em Recife. Capacidade de processamento: 100 a 250 kg/hora.¹⁴

Situação dos Resíduos dos Serviços de Saúde no Estado da Bahia

A destinação inadequada dos Resíduos Sólidos de Saúde (RSS) em Salvador e Região Metropolitana, vem-se agravando e tem causado preocupações tanto aos geradores dos resíduos (hospitais e serviços correlatos), como ao Estado, à municipalidade e à própria comunidade. Salvador é a terceira maior cidade do país, produzindo resíduos perigosos da

ordem de 30ton/dia (LIMPURB), e tal montante requer uma destinação final adequada.

Atualmente, os resíduos hospitalares e de serviços de saúde de Salvador são coletados separadamente, em viaturas especializadas, e acondicionados e transportados ao seu destino final. Estes, na maioria das vezes é o lixão, onde os cuidados ambientais são negligenciados. Verifica-se muitas vezes que as embalagens dos resíduos hospitalares não estão de acordo com as normas da ABNT, o que contribui para o aumento dos índices de infecção hospitalar.¹⁵

Está em fase de implantação o Aterro Sanitário Metropolitano Centro, para atender ao destino dos resíduos de Salvador e dos municípios de Simões Filho e Lauro de Freitas, com capacidade inicial de 500ton/dia. Encontram-se em fase de construção dois novos aterros (Aterro Ilha de Itaparica e Ponta do Ferrolho) e em operação, o de Camaçari/Dias D'Ávila. A partir dessas ações, podemos observar que os serviços de limpeza urbana passaram a ter prioridade, caso da Cidade de Camaçari, na qual o RSS é coletado em conjunto com o de outros municípios próximos, utilizando-se o processo de incineração, com equipamento dotado de câmara dupla e sistema antipoluidor, (ciclones e lavador de gases) com capacidade de incineração de 100Kg/h.

Conclusões

Com base no que foi exposto neste trabalho, analisando-se as informações, acompanhando-se a operação de um sistema de incineração e comparando-se as informações obtidas, o que confirma a amplitude dos resíduos que o equipamento permite destruir, conclui-se que:

Salvador é a terceira maior cidade do país, produzindo resíduos perigosos da ordem de 30ton/dia (LIMPURB), e tal montante requer uma destinação final adequada.

Tratamento Químico e Maceração

Os RSS são triturados e submetidos a um banho desinfectante à base de hipoclorito de sódio, com pH em torno de 4,5 a 6,0. Esse tratamento se processa automaticamente em uma caixa de lavagem, cujo interior encontra-se com pressão negativa, para que se evite escape de qualquer substância do interior da referida caixa. Após a desinfecção, os resíduos são levados para o aterro sanitário.

A capacidade do equipamento varia entre 300 a 1.500kg/hora de resíduos processados. Os processadores podem ser fixos ou móveis e já operam em vários países. No Brasil encontra-se em fase de instalação em Campinas, Santos e Jacareí, em São Paulo, com aprovação da CETESB para a licença de funcionamento.¹⁴

Desinfecção por Microondas

Consiste no processo de tratamento por polimerização reversa (despolimerização) sob aplicação da microondas, para transformar os resíduos hospitalares em carvão e outros compostos químicos. Através do uso de ondas eletromagnéticas, ocorre a desintegração dos resíduos, que são transformados em carvão, sílica e outros elementos de natureza gasosa. Tem capacidade também para transformar pneus em "negro de fumo" podendo este ser reutilizado como tal. Os resíduos são depositados em aterros sanitários.

Existem três unidades operando no Canadá; em fase de instalação há uma unidade no Rio de Janeiro e outra em Recife. Capacidade de processamento: 100 a 250 kg/hora.¹⁴

Situação dos Resíduos dos Serviços de Saúde no Estado da Bahia

A destinação inadequada dos Resíduos Sólidos de Saúde (RSS) em Salvador e Região Metropolitana, vem-se agravando e tem causado preocupações tanto aos geradores dos resíduos (hospitais e serviços correlatos), como ao Estado, à municipalidade e à própria comunidade. Salvador é a terceira maior cidade do país, produzindo resíduos perigosos da

ordem de 30ton/dia (LIMPURB), e tal montante requer uma destinação final adequada.

Atualmente, os resíduos hospitalares e de serviços de saúde de Salvador são coletados separadamente, em viaturas especializadas, e acondicionados e transportados ao seu destino final. Estes, na maioria das vezes é o lixão, onde os cuidados ambientais são negligenciados. Verifica-se muitas vezes que as embalagens dos resíduos hospitalares não estão de acordo com as normas da ABNT, o que contribui para o aumento dos índices de infecção hospitalar.¹⁵

Está em fase de implantação o Aterro Sanitário Metropolitano Centro, para atender ao destino dos resíduos de Salvador e dos municípios de Simões Filho e Lauro de Freitas, com capacidade inicial de 500ton/dia. Encontram-se em fase de construção dois novos aterros (Aterro Ilha de Itaparica e Ponta do Ferrolho) e em operação, o de Camaçari/Dias D'Ávila. A partir dessas ações, podemos observar que os serviços de limpeza urbana passaram a ter prioridade, caso da Cidade de Camaçari, na qual o RSS é coletado em conjunto com o de outros municípios próximos, utilizando-se o processo de incineração, com equipamento dotado de câmara dupla e sistema antipoluidor, (ciclones e lavador de gases) com capacidade de incineração de 100Kg/h.

Conclusões

Com base no que foi exposto neste trabalho, analisando-se as informações, acompanhando-se a operação de um sistema de incineração e comparando-se as informações obtidas, o que confirma a amplitude dos resíduos que o equipamento permite destruir, conclui-se que:

Salvador é a terceira maior cidade do país, produzindo resíduos perigosos da ordem de 30ton/dia (LIMPURB), e tal montante requer uma destinação final adequada.