

## 6 REDUÇÃO DE VOLUME DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Existem três maneiras de impedir que um grande volume de resíduos chegue ao aterro:

- não gerando o resíduo;
- não disponibilizando o resíduo para a coleta pública;
- tratando o resíduo após a coleta pública.

A **não geração** está diretamente relacionada ao consumidor, às suas escolhas no momento da compra dos produtos e ao bom aproveitamento dos materiais e embalagens em sua residência. Para evitar a geração, a indústria produtora também tem um papel importante, pois é ela que decide quais materiais serão empregados na fabricação dos produtos e embalagens.

A legislação pode contribuir para a não geração quando exige o comprometimento tanto das indústrias quanto da população. Por exemplo: podem ser criadas leis exigindo que parte das embalagens de bebidas seja retornável em vez de descartável, ou que estas possam ser recicladas.

Realmente, bom seria se não houvesse resíduos, porém a geração destes pode ser minimizada através de mudanças de hábitos de consumo e nos processos de produção, apesar disso sempre haverá certa quantidade de resíduo gerado que precisará ser coletada.

**Não disponibilizar** o material para a coleta pública consiste na separação dos materiais recicláveis e/ou da matéria orgânica no local de geração para encaminhamento à reciclagem e compostagem, respectivamente, situação em que somente os resíduos não segregados seguiriam para a coleta pública.

A retirada dos materiais segregados, denominada coleta seletiva, utiliza veículos diferenciados em roteiros específicos de coleta e independe da coleta pública. Ou seja, é necessária uma estrutura adicional à coleta convencional para efetuar o recolhimento seletivo e a triagem antes do encaminhamento desses materiais à indústria recicladora.

A forma de captação dos materiais recicláveis pode ser institucionalizada (poder público ou privado) ou informal (através de catadores, cooperados ou não). Logicamente, se as atividades de coleta, triagem e enfardamento dos materiais forem exercidas pela administração pública, seus custos associados serão acrescentados aos custos já existentes de limpeza pública.

A terceira forma de reduzir o volume de resíduos do aterro é **tratar os resíduos coletados pelo sistema convencional**<sup>1</sup>, em que os mais diversos materiais estão todos misturados.

Nesta tese o enfoque está justamente sobre essa terceira forma de redução do volume dos resíduos gerados, ou seja, pretende-se analisar e propor uma

---

<sup>1</sup> Ou coleta pública.

alternativa de gerenciamento para os resíduos que estão sendo disponibilizados para a coleta pública.

Os tipos de tratamento mais conhecidos para a diminuição da quantidade de resíduo enviada ao aterro são reciclagem, compostagem e incineração, e cada um tem um potencial diferente de redução do volume de resíduos.

A adoção de mais de um tipo de tratamento traz como benefício a ampliação da taxa de desvio<sup>2</sup> do resíduo do aterro. Diversos países integraram, em maior ou menor escala, a reciclagem, a compostagem e a incineração ao sistema de gerenciamento de resíduos, dentre eles: EUA, Canadá, França, Holanda, Japão, Suíça, Suécia, Dinamarca, Reino Unido, Portugal e Alemanha.

A busca pela redução do volume também está associada às legislações vigentes, que têm proibido o aterramento de certos tipos de materiais. A lei alemã de 2001 proíbe a disposição, em aterro, de resíduos municipais não tratados a partir de 2005, e admite processos de tratamento térmico e tratamento mecânico-biológico<sup>3</sup> (ALEMANHA ..., 11/04/2004).

Dependendo do tipo de tratamento, são necessárias algumas condições prévias, que têm relação direta com o resultado final e que caso não existam podem, até mesmo, inviabilizar o tratamento. Certas condições posteriores ao tratamento também podem ser importantes, como a existência de um mercado que absorva os produtos tratados.

## **6.1 RECICLAGEM**

A reciclagem, segundo Duston (1993 apud CALDERONI, 1998), é o processo através do qual um produto ou material, após ter exercido sua função e ser retirado dos resíduos, é reintroduzido no processo produtivo e transformado em novo produto. Ou seja, corresponde ao beneficiamento de produtos ou materiais provenientes dos resíduos sólidos que, transformados em novos produtos, voltam para o mercado de consumo (RUBERG, 1999).

A reciclagem de materiais traz uma série de benefícios ambientais, econômicos e sociais, como os seguintes:

- aumento da vida útil dos aterros;
- menor exploração dos recursos naturais não renováveis;
- diminuição do consumo de energia e água nas indústrias, se comparado ao consumo a partir da matéria-prima virgem;
- geração de emprego (WELLS, 1993; JARDIM, 1995).

Todavia, faz-se necessária uma estrutura, regra geral, complexa, prévia à reciclagem para garantir que os materiais recicláveis provenientes dos resíduos sólidos retornem ao ciclo de produção. Esses materiais precisam ser coletados,

---

<sup>2</sup> A taxa de desvio é a quantidade de resíduo tratado dividido pelo total de resíduos coletados.

<sup>3</sup> Tratamento mecânico-biológico: através do qual ocorre a degradação controlada da matéria orgânica. Muitas vezes o material decomposto não pode ser utilizado na agricultura, ao contrário do produto da compostagem, e é encaminhado ao aterro sanitário.

transportados, separados e selecionados, enfardados e encaminhados para a indústria recicladora.

Barreira (2005) comenta que os principais problemas associados à coleta seletiva e reciclagem realizadas pelo poder público são os seguintes:

- possui um custo muito elevado;
- necessita de uma logística extremamente cuidadosa – a distância entre o local de geração e o de reciclagem é um fator decisivo na viabilidade econômica da reciclagem dos materiais;
- a ausência da coleta seletiva inviabiliza os processos de reaproveitamento e isso está diretamente interligado a uma educação ambiental freqüente, contínua e efetiva;
- sem a colaboração e o investimento dos munícipes, é quase impossível a viabilidade do processo.

Segundo o Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), a reciclagem, no Brasil, acontece de maneira crescente, impulsionada pela atuação de catadores e por iniciativas pontuais da sociedade civil (BRASIL ..., 11/07/2005).

Atualmente, milhares de catadores recolhem, nas ruas e depósitos de resíduos do país, os materiais recicláveis para sua sobrevivência. Como a atividade acontece de maneira informal (uma vez que seus dados não são contabilizados pelo sistema de gerenciamento de resíduos), os catadores não são remunerados pela administração pública e suas condições de trabalho, em termos sanitários e de segurança, geralmente são inadequadas.

O importante papel exercido por tal setor da sociedade, via de regra, não é reconhecido. O cálculo da geração de resíduos *per capita*, por exemplo, além de muitas outras informações, é efetuado apenas com os dados do que é coletado pela Prefeitura.

O surgimento dessa atividade está mais associado a uma necessidade financeira, ou seja, à busca pela sobrevivência, do que a uma consciência ambiental e interesse pela preservação do meio ambiente.

A coleta seletiva institucionalizada, isto é, promovida pela administração municipal, vem sendo preconizada como um meio de reduzir o volume de resíduos enviados para aterro. À medida que aumenta o grau de consciência da população acerca do meio ambiente, maior é o interesse e a cobrança pela coleta seletiva, mas há alguns aspectos a serem destacados, listados a seguir:

- nem todo resíduo gerado pode ser reciclado;
- nem todo material classificado como reciclável pode ser reciclado;
- a inexistência de um sistema de coleta seletiva torna contraproducente a atividade de separação e triagem;
- é preciso haver um sistema de coleta diferenciado do sistema público de coleta para recolhimento dos recicláveis;

- é necessário existir unidades para separação, triagem e enfardamento dos recicláveis e uma estrutura de encaminhamento à indústria;

Os resíduos são a mistura de diferentes produtos sem utilidade para seu gerador e nem todos os materiais que constituem os produtos são considerados recicláveis ou compostáveis, tais como cerâmicas, vidro plano e couro, entre outros. Além disso, há materiais recicláveis que não podem ser enviados para reciclagem por diferentes razões: por terem sido contaminados, como é o caso do papel engordurado ou sujo de matéria orgânica; por possuírem dimensões muito pequenas que dificultam sua separação; por terem um custo de processamento ainda muito elevado; ou, ainda, por não existir mercado que absorva os produtos reciclados.

A separação e triagem de resíduos misturados (provenientes da coleta pública) exigem muito mais esforço e implicam um custo mais elevado que dos materiais coletados seletivamente, com resultados muito inferiores, pois a mistura ocasiona a contaminação de muitos materiais e a degradação de outros. O mesmo acontece na compostagem, pois através da triagem não se consegue retirar todos os materiais prejudiciais ao processo ou que comprometem a qualidade final do composto. O resultado é um composto de baixa qualidade.

Percebe-se então que, para bons resultados na reciclagem, é preciso criar uma estrutura diferenciada para coleta, separação, triagem e enfardamento dos recicláveis, além de indústrias recicladoras e mercado comprador dos produtos reciclados, em quantidade suficiente.

### **6.1.1 Caracterização dos resíduos sólidos domiciliares**

Através da caracterização dos resíduos sólidos conhece-se o percentual de materiais recicláveis, orgânicos e outros materiais presentes na massa total de resíduos. Ela é um instrumento para a identificação das possibilidades de destinação mais adequadas para os resíduos sólidos coletados.

A partir das informações obtidas na bibliografia consultada a respeito da composição dos resíduos sólidos em diferentes cidades e países, montou-se a tabela a seguir, em que foram considerados como materiais recicláveis os papéis, plásticos, vidros e metais:

Tabela 6.1 – Caracterização dos resíduos sólidos domiciliares em algumas cidades e países

	Recicláveis	Orgânicos	Outros
França	50% <sup>1</sup>	29%	21%
Inglaterra	41%	37% <sup>3</sup>	21%
Paris <sup>2</sup>	+60%	14%	-
Nova Iorque	44%	48% <sup>4</sup>	8%
R. M. Buenos Aires	43% <sup>5</sup>	40% <sup>6</sup>	7%
São Paulo	28% <sup>7</sup>	61%	11%

1 – França – corresponde aos papéis (25%), plásticos (12%) e vidros (13%). O percentual de metais está incluído no item *Outros*.

2 – Paris – não foi citado o percentual de outros materiais.

3 – Inglaterra – os resíduos orgânicos são: resíduos de jardim (20%) e restos alimentares (17%).

4 – Nova Iorque – apenas 16% dos resíduos domiciliares são restos alimentares e 6% resíduos de jardim.

5 – Buenos Aires – correspondem aos papéis (24%), plásticos (14%) e vidros (5%). O percentual de metais está incluído no item *Outros*.

6 – Buenos Aires – inclui também os resíduos de jardim.

7 – São Paulo – é a soma dos percentuais de papel (10,6%), plástico (14,4%), vidro (1,2%) e metal (1,8%).

Fontes: França – OPPENEAU, 2003; Paris – CONTASSOT, 2003; Inglaterra – STRATEGY UNIT, 2002; Nova Iorque – NYC, 2004c; Região Metropolitana de Buenos Aires – MESA, 2003; São Paulo – PMSP, 2004c.

Conforme mostra a tabela, tanto nos países da França e Inglaterra, quanto nas grandes cidades de Nova Iorque, Paris e Buenos Aires, o percentual de materiais recicláveis na massa de resíduos domiciliares é acima de 40%. Isso significa que, se fosse possível reciclar 100% dos componentes classificados como recicláveis, a massa de resíduos disposta em aterro reduziria em 40%. Em volume, a redução seria acima dos 50%, pois os materiais recicláveis são muito volumosos; sua densidade aparente é pequena, se comparada à da matéria orgânica.

Em Paris, a reciclagem traria um resultado mais expressivo: uma taxa de desvio de resíduos domiciliares do aterro superior a 60%. Contassot (2003) destaca que há grande quantidade de papel e papelão nos resíduos coletados em Paris.

No outro oposto está São Paulo, que, de acordo com a caracterização dos resíduos domiciliares, possui potencial máximo de desvio dos resíduos do aterro através da reciclagem de 28%. Isso significa que o impacto da reciclagem seria, na melhor das possibilidades, inferior a 30%, restando ainda 70% de resíduos a serem destinados (o que representa mais de 6.000 toneladas de resíduos domiciliares por dia<sup>4</sup>).

É fato que não é possível reciclar todos os materiais classificados como recicláveis presentes nos resíduos coletados pelo sistema público, conforme será discutido ainda neste capítulo. As experiências de coleta seletiva vivenciadas em cidades brasileiras e do exterior e as metas de reciclagem, por vezes existentes, revelam a dificuldade de desviar grandes volumes de

<sup>4</sup> Do total de 8.678,216 t/dia de resíduos sólidos domiciliares, calculado a partir do valor anual apresentado por PMSP (2004c).

resíduos do aterro através do sistema público de gerenciamento de resíduos sólidos.

### 6.1.2 Caracterização dos resíduos sólidos de Nova Iorque – EUA

Um interessante estudo elaborado pelo Departamento de Saneamento de Nova Iorque analisa qual é o real potencial de reciclagem dos materiais presentes nos resíduos, ou seja, identifica o percentual de materiais classificados como recicláveis que efetivamente pode ser encaminhado para a reciclagem, segundo o sistema existente no município.

Tal estudo, denominado “Estudo Preliminar da Caracterização dos Resíduos” (NYC, 2004c), faz, inicialmente, uma análise tanto dos resíduos coletados pelo sistema público, quanto dos materiais recolhidos pela coleta seletiva em Nova Iorque. Diariamente, são recolhidas cerca de 12.500 toneladas de materiais (dentre resíduos e recicláveis) (NYC, 2004a).

De acordo com NYC (2004c), a composição dos resíduos sólidos coletados apenas pelo sistema público<sup>5</sup> em Nova Iorque é a seguinte:

Tabela 6.2 – Composição dos resíduos sólidos do sistema público de coleta – Nova Iorque – EUA

Materiais	Percentual do total
Orgânicos	47,6
Recicláveis*	43,5
Entulho	7,0
Outros**	1,9

\* Somatório dos percentuais de papel, plástico, vidro e metais; \*\* Inclui resíduo perigoso, eletro/eletrônico e materiais misturados.

Fonte: NYC, 2004c, p. ES-4 – Figure ES-1.

De acordo com a caracterização, 43,5% dos materiais são classificados como recicláveis<sup>6</sup>, porém o estudo verificou que apenas 22% dos resíduos são efetivamente recicláveis e 78% são considerados não recicláveis (NYC, 2004c). Assim, apenas 51% dos materiais classificados como recicláveis, presentes nos resíduos sólidos coletados, poderão efetivamente ser reciclados em Nova Iorque.

O estudo analisou, ainda, os materiais coletados através dos programas de coleta seletiva existentes: coleta de papéis; coleta de MGP<sup>7</sup> (metais, vidros e plásticos); coleta de papéis e MGP misturados. Foi identificado que, além dos materiais efetivamente recicláveis, estão misturados nos contêineres de MGP metais e vidros não recicláveis. Além disso, há contaminação de parte do material reciclável (por matéria orgânica, por exemplo) e inversão no acondicionamento dos materiais (MGP em contêiner de papel e papéis em contêiner de MGP) (NYC, 2004c).

Para Diaz (2000), devido à dificuldade de encaminhar os plásticos à reciclagem (decorrente da necessidade de separação dos diversos tipos de plástico e da existência de indústrias recicladoras), a sugestão é utilizá-los como

<sup>5</sup> Estão excluídos dessa caracterização os resíduos recolhidos por meio da coleta seletiva.

<sup>6</sup> Correspondem aos papéis, plásticos, vidros e metais.

<sup>7</sup> *Metal, Glass and Plastic.*

combustível em incineradores ou outro processo de geração de energia, salvaguardados os cuidados no manejo das dioxinas.

Considerando o total de resíduos coletados (provenientes da coleta pública e da coleta seletiva), o estudo verificou que: 57,3% do material não são recicláveis (*not designated for recycling*); 12,2% são recicláveis provenientes da coleta de MGP; 21,5% da coleta de papéis; 10% são materiais potencialmente recicláveis<sup>8</sup> (NYC, 2004c).

A pesquisa estimou que aproximadamente 24 mil toneladas semanais de materiais poderiam ser recicladas na cidade de Nova Iorque, portanto quase 3,4 mil toneladas por dia (NYC, 2004c).

Partindo do princípio que o potencial de reciclagem dos materiais classificados como recicláveis em São Paulo é o mesmo da análise da caracterização dos resíduos de Nova Iorque (51% dos materiais), tem-se que dos 28% dos resíduos sólidos domiciliares coletados na capital paulistana considerados recicláveis, apenas 14,3% poderão ser efetivamente reciclados, o que corresponde a cerca de 1.240 toneladas por dia<sup>9</sup>.

### 6.1.3 Potencial de desvio do aterro através da reciclagem

A geração de resíduos sólidos aumenta a cada ano e continuará a aumentar como decorrência do crescimento populacional e do aumento da geração *per capita*, dentre outros fatores. Na Inglaterra, por exemplo, a quantidade de resíduos municipais gerados cresce por volta de 3 a 4% por ano, valores acima do crescimento do Produto Interno Bruto (PIB), que é cerca de 2 a 2,5% (STRATEGY UNIT, 2002).

Nos Estados Unidos, o que se verifica é que, mesmo com a expansão dos programas de reciclagem, compostagem e incineração dos resíduos, em que a capacidade de desvio do aterro em 2000 era o dobro da existente em 1985, a quantidade de resíduos disposta em aterro reduziu em apenas 18% (TAMMEMAGI, 1999).

A tabela a seguir apresenta os valores absolutos e percentuais de resíduos tratados e aterrados nos Estados Unidos:

Tabela 6.3 – Destinação dos resíduos nos EUA (em milhões de toneladas anuais) – 1985 e 2000

Ano	1985		2000	
	10 <sup>6</sup> toneladas	Percentual	10 <sup>6</sup> toneladas	Percentual
Reciclado*	18	11%	61	31%
Incinerado	18	11%	36	18%
Aterrado	124	78%	101	51%
Total	160		198	

\* Inclui a compostagem

Fonte: TAMMEMAGI, 1999, p. 41 – tabela 4.1.

<sup>8</sup> Corresponde a materiais que, atualmente, não são encaminhados para a reciclagem em Nova Iorque (NYC, 2004c).

<sup>9</sup> Calculado a partir do total de 8.678,216 t/dia de resíduos sólidos domiciliares, citado na nota 4 deste capítulo.

Nestes 15 anos (entre 1985 e 2000), grandes ganhos foram obtidos através da reciclagem e compostagem (crescimento de 240%) e incineração (aumento de 100%), porém, conforme menciona Tammemagi (1999), eles são muito menores que o aumento da geração de resíduos. Como resultado, somente um pequeno decréscimo de resíduos dispostos em aterro pôde ser alcançado. Portanto, mesmo que se amplie a capacidade de reciclar os materiais, o aumento na geração dos resíduos fará com que a redução de seu volume seja pequena, se não forem adotadas outras formas de tratamento além da reciclagem.

Tammemagi (1999) afirma que, apesar de existir muita propaganda, apenas algumas poucas comunidades norte-americanas desviam mais de 50% dos resíduos do aterro, sendo que a média nacional é de 21%.

Para Jardins e Wells (1996 apud LAYRARGUES, 2002), a coleta seletiva é limitada enquanto contribuição para o aumento da vida útil dos aterros, pois as estimativas indicam que apenas 25% dos resíduos coletados podem ser efetivamente reciclados. Os  $\frac{3}{4}$  restantes têm que receber, necessariamente, outro tratamento e/ou seguir para os depósitos de lixo. Nos Estados Unidos, os métodos mais fáceis de reciclar os materiais já foram implementados, então será cada vez mais difícil reduzir o volume enviado ao aterro (TAMMEMAGI, 1999).

O Japão, desde pouco depois da Segunda Guerra Mundial, reconheceu o problema dos resíduos sólidos e desenvolveu um dos melhores programas de reciclagem do mundo. Possuindo cerca de 1.400 pessoas por quilômetro quadrado, o solo é um dos recursos mais escassos para servir de aterro de resíduos. Apesar de todos os esforços, o Japão atingiu níveis de reciclagem somente na ordem de 50%, sendo que a compostagem representa menos de 0,2% dos resíduos coletados (TAMMEMAGI, 1999).

O potencial de desvio de resíduos do aterro através da reciclagem é limitado. Segundo Tammemagi (1999), que analisou mais detalhadamente os EUA, a reciclagem, sozinha, não é capaz de desviar do aterro mais que 50% dos resíduos.

#### **6.1.4 Índices de reciclagem no Brasil**

No Brasil, alguns materiais têm alcançado elevados índices de reciclagem nos últimos anos, como as latas de alumínio, que lideram o *ranking* mundial de reciclagem (BRASIL ..., 12/04/2005). O percentual de reciclagem tem aumentado a cada ano: em 1992, por exemplo, 68,2% das embalagens de papelão ondulado produzidas foram recicladas; em 1997, o índice foi de 71,6%; em 2001, chegou a 75%; e em 2004, atingiu 77,3% (BRASIL ..., 11/07/2005).

Segundo Brasil [...] (11/07/2005), o país apresenta elevados índices de reciclagem de diversos tipos de embalagem. No ano de 2004, os dados revelaram a reciclagem de:

- 95,7% das latas de alumínio produzidas;
- 77,3% das embalagens de papelão ondulado produzidas;
- 40% das latas de aço;

- 44% das embalagens de vidro;
- 48% das embalagens PET pós-consumo;
- 88% das latas de bebidas pós-consumo no Nordeste (BRASIL ..., 11/07/2005).

A taxa brasileira de reciclagem de papelão ondulado é considerada uma das maiores do mundo e, pelo quarto ano seguido, o Brasil é o líder mundial na reciclagem de latas de alumínio dentre os países onde a atividade não é obrigatória por lei, como é o caso do Japão e dos Estados Unidos (BRASIL ..., 11/07/2005).

Esses altos índices de reciclagem são alcançados principalmente graças aos valores agregados a cada tipo de material reciclável e à estrutura informal de captação e comercialização dos materiais, que envolve catadores e carrinheiros, sucateiros, atravessadores e a indústria recicladora.

Segundo Calderoni (1998 apud LAYRARGUES, 2002, p. 199 – nota 20),

[...] o valor da lata de alumínio é tão alto que supera os custos de separação e processamento para quaisquer quantidades, não sendo necessário, portanto, o armazenamento de grandes volumes para tornar a comercialização economicamente viável.

Para Layrargues (2002), com a reciclagem de alumínio obtém-se um rendimento várias vezes superior a qualquer outro item reciclável, sendo, portanto, seu índice de reciclagem superior aos demais. O fator econômico supera os argumentos de preservação do meio ambiente, seja por ocupar áreas em aterro ou pela não extração de matéria-prima.

As latas de alumínio representam cerca de 1% dos resíduos coletados, entretanto são os materiais de maior taxa de reciclagem. Logo, o aumento da vida útil do aterro não serve de argumento para o investimento na reciclagem das latas (LAYRARGUES, 2002).

Em 1999, foram recicladas 73% das latas de alumínio, permitindo economizar 432.045 toneladas de bauxita<sup>10</sup>, o que representa 0,0179% das reservas brasileiras e 0,0138% das reservas mundiais (LAYRARGUES, 2002). Com essas informações falseia-se o argumento de que através da reciclagem evita-se o esgotamento dos materiais não renováveis. Acredita-se que essa conclusão possa ser ampliada para os demais tipos de material reciclável.

O argumento da indústria, quanto ao caráter social da reciclagem, também é refutado: segundo pesquisa de Calderoni, realizada no município de São Paulo, os maiores ganhos com a reciclagem dos resíduos são auferidos pelas indústrias – aproximadamente 66% do total –, enquanto os catadores ficam com 13% (LAYRARGUES, 2002).

A coleta seletiva e a triagem de materiais por catadores têm sido um meio de sobrevivência para uma parcela da sociedade, dentro, porém, de um contexto exploratório, de difíceis condições de trabalho. Para Layrargues (2002, p. 197-

<sup>10</sup> Considerando que cada tonelada de alumínio reciclado economiza cinco toneladas de bauxita.

8), os catadores “atuam como operários terceirizados da indústria da reciclagem, desprovidos de quaisquer benefícios trabalhistas”.

Tal análise da reciclagem das latas de alumínio apresenta claramente o que rege o mecanismo da reciclagem de materiais quando não há uma legislação que impõe metas e regras relativas à geração e ao gerenciamento dos resíduos sólidos.

## **6.2 COMPOSTAGEM**

A compostagem é um processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos<sup>11</sup> contidos nos resíduos sólidos (JARDIM, 1995; MONTEIRO et al., 2001), cujo produto final, o composto orgânico, atua como recondicionador de solos e é fonte de macro e micronutrientes para as plantas (BIDONE; POVINELLI, 1999).

Segundo Bidone e Povinelli (1999) e Jardim (1995), a compostagem é um processo aeróbio, isto é, que ocorre na presença de oxigênio. As principais vantagens da compostagem, segundo Jardim (1995), são: economia de aterro; aproveitamento agrícola da matéria orgânica; reciclagem de nutrientes para o solo; processo ambientalmente seguro; eliminação de patógenos (elementos causadores de doenças).

A digestão anaeróbia (ausência de oxigênio), citada por Jardim (1995) como compostagem anaeróbia, é um processo de degradação pela ação de microorganismos anaeróbios, que ocorre em baixa temperatura, com exalação de fortes odores e que leva mais tempo para a estabilização da matéria orgânica, se comparado à compostagem aeróbia (MONTEIRO et al., 2001).

De acordo com Barreira (2005, p. 40), “um ambiente aeróbio proporciona uma decomposição mais rápida da matéria orgânica, sem cheiro e sem proliferação de insetos, além de ser um fator limitante para a eficiência do processo”. Na compostagem aeróbia, a temperatura pode chegar a 70°C, os odores emanados não são agressivos e a decomposição é mais veloz (MONTEIRO et al., 2001).

O processo é dividido em duas fases: a primeira, denominada “bioestabilização”, dura de 45 a 60 dias; a segunda, denominada “maturação”, ocorre em 30 dias. Após o encerramento da primeira fase, o composto pode ser aplicado no solo sem prejuízo da maturação e do plantio (MONTEIRO et al., 2001).

Na compostagem, devem ser evitados dois tipos de material: o que prejudica a qualidade do produto, como cacos de vidro e pilhas, e o que prejudica o processo, como o excesso de filme plástico (JARDIM, 1995).

Nas unidades de triagem e compostagem de resíduos sólidos, é realizada a retirada dos materiais recicláveis presentes na mistura de resíduos e a compostagem da matéria orgânica. A triagem e seleção são realizadas em uma

---

<sup>11</sup> São compostáveis apenas os materiais orgânicos de origem biológica, como folhas, papéis, madeira e restos alimentares e de preparação de alimentos. Os materiais orgânicos sintéticos, como plásticos e borracha, são raramente compostáveis (TAMMEMAGI, 1999).

esteira: os materiais recicláveis são segregados, assim como os rejeitos (materiais não recicláveis e não compostáveis), e a matéria orgânica restante na esteira segue para sofrer o processo de compostagem.

De acordo com Jardim (1995), o espaço físico necessário para instalações com capacidade de processar 200 t/dia é de aproximadamente 5,8 hectares, se o processo empregado for o natural, e 4,8 hectares, caso se utilize um processo acelerado de compostagem, excluindo-se área de aterro.

Há algumas décadas, no Brasil, diversos municípios construíram as “usinas de triagem e compostagem” de resíduos sólidos urbanos, que, segundo Monteiro et al. (2001), foram apresentadas pelos fabricantes como a solução definitiva para tratamento dos resíduos sólidos urbanos.

Monteiro et al. (2001) cita que o resultado foi ruim, pois a maioria das unidades foi desativada logo após a inauguração e outras sequer funcionaram. Jardim (1995) apresenta uma série de motivos para a parada das atividades e a desativação das usinas, dos quais são destacados os seguintes:

- entendimento equivocado das usinas como capazes de “fazer desaparecer os resíduos”;
- ausência de capacitação institucional e/ou gerencial e/ou operacional;
- localização inadequada;
- questões político-partidárias, como mudança de governo;
- frustração dos gestores municipais decorrente da visão equivocada da possibilidade de “lucros” com a usina;
- ignorância ou desconsideração das reais necessidades locais;
- falta de controle operacional do processo de compostagem.

Pereira Neto (1995 apud BARREIRA, 2005, p. 83) aponta alguns aspectos do controle operacional do processo de compostagem que contribuem para gerar problemas e, por decorrência, descrédito do processo:

- Ineficiência no processo de triagem dos resíduos;
- Pátios de compostagem mal dimensionados;
- Processos anaeróbios de decomposição devido à inexistência de revolvimentos;
- Processos desenvolvidos sem controle de fatores que regem a decomposição, como umidade, temperatura e oxigenação;
- Fase de maturação não concluída;
- Falta de controle dos impactos ambientais do processo quando o processo não é bem operado, como, por exemplo, produção de odores e chorume.

Em 1990, havia 57 municípios com usinas de compostagem instaladas (com método natural e/ou acelerado), sendo que 24 delas estavam paradas ou desativadas (42% do total), 15 estavam em obras (26%) e 18 em operação (32%) (JARDIM, 1995).

Devido às falhas no monitoramento e controle do processo de decomposição, há a emissão de fortes odores e o produto final é um material ainda instável e contaminado bacteriologicamente, que necessita ser maturado e humificado<sup>12</sup> para adquirir estabilidade e poder ser disposto no solo (RUBERG, 1999). Um exemplo é a Unidade de Compostagem da Vila Leopoldina, em São Paulo, atualmente desativada, alvo constante de reclamação da vizinhança do entorno e cujo material comercializado era de baixa qualidade.

Conforme Barreira (2005), principalmente quando não há coleta seletiva, pode haver presença de metais pesados na matéria orgânica, havendo um risco de contaminação do solo e dos alimentos nele cultivados.

Monteiro et al. (2001) aponta que, no Brasil, para que o composto orgânico proveniente da compostagem dos resíduos domiciliares possa ser comercializado, deve atender aos índices estabelecidos pelo Ministério da Agricultura. Porém, segundo análises realizadas pelo IPT de amostras de composto provenientes de 15 usinas do estado de São Paulo, há uma inadequação entre os valores encontrados e os parâmetros exigidos pela Legislação – quanto à umidade, nitrogênio total e relação C/N (JARDIM, 1995). O quadro abaixo apresenta esses valores:

Quadro 6.1 – Comparativo entre os parâmetros de controle para o composto orgânico e tolerâncias, conforme a Legislação Brasileira e os resultados das amostras analisadas em 15 usinas do estado de São Paulo

Parâmetro	Parâmetros da Legislação do Brasil		Estudo do IPT
	Valor	Tolerância	Faixa
pH	Mínimo de 6,0	Até 5,4	Entre 7,2 e 8,0
Matéria orgânica	Máximo de 40%	Até 44%	Entre 8,2 e 30,4%
Umidade	Mínimo de 40%	Até 36%	Entre 27 e 55%
Nitrogênio total	Mínimo de 1,0%	Até 0,9%	Entre 0,39 e 1,15%
Relação C/N	Máximo de 18/1	Até 21/1	Entre 11 e 23/1

Fonte: JARDIM, 1995, p. 164 – quadro 3 e p. 169.

Lopes-Real (apud BARREIRA, 2005, p. 36) aponta que o insucesso da comercialização do composto orgânico não é decorrente de limitações do processo de compostagem, da falta de conhecimento científico sobre as bases do processo ou da natureza do mercado, mas sim da falta de compreensão de que “a qualidade do composto – e seu conseqüente apelo mercadológico – é absolutamente dependente da qualidade da matéria-prima básica, portanto, do resíduo utilizado no processo [...]”.

O mecanismo de melhoria da matéria-prima do processo de compostagem é a segregação das diferentes frações – orgânica, metais, vidros, papéis, plásticos etc. – ainda no local de geração e sua coleta e processamento separados. Segundo Barreira (2005, p. 48), esta é, na opinião da maioria dos pesquisadores, “uma das melhores maneiras (se não a única) de obter um produto final de boa qualidade, que pode ser utilizado sem maiores preocupações e que possui potencial atrativo aos agricultores”.

Verifica-se, então, que para desenvolver uma compostagem com qualidade seria necessário haver uma nova estrutura de coleta e transporte, além da

<sup>12</sup> Maturação e humificação são etapas do processo de compostagem que tornam estável a matéria orgânica.

coleta convencional, situação parecida à da coleta seletiva de recicláveis. A dependência da participação da população na segregação correta na fonte de geração dos resíduos também ocorre.

O tratamento dos resíduos orgânicos tem sido pensado para os grandes geradores, como grandes empresas, restaurantes e feiras livres. É esse o objetivo da megacidade de Paris, segundo Contassot (2003), e não a compostagem dos resíduos domiciliares. Em São Paulo, é realizada a compostagem do material orgânico recolhido seletivamente em algumas feiras livres.

Atualmente, na Europa, acredita-se que, pelo reconhecimento da dificuldade de segregar e coletar corretamente a matéria orgânica para a compostagem e a necessidade de reduzir a quantidade de orgânicos dispostos em aterro, exigida pela legislação, tem-se divulgado a tecnologia denominada MBT (*mechanical-biological treatment*) ou tratamento mecânico-biológico, que será apresentado adiante, ainda neste capítulo.

### **6.3 INCINERAÇÃO**

A incineração é um processo controlado de combustão em que ocorre a redução do peso e do volume dos resíduos (LIMA, 198-). Segundo Oliveira (2000), a incineração é “o aproveitamento do poder calorífico do material combustível presente no lixo através de sua queima para geração de vapor”. A partir desse vapor, pode-se gerar energia elétrica.

De acordo com a Resolução CONAMA 316 (BRASIL, 2002, Art. 2º), tratamento térmico é “todo e qualquer processo cuja operação seja realizada acima da temperatura mínima de oitocentos graus Celsius”. Estão incluídas nessa definição a incineração e o tratamento por tocha de plasma.

Segundo Pagliuso (2003), dependendo do tipo de material, a incineração pode ser empregada para alcançar os seguintes objetivos:

- redução do volume do material (caso dos resíduos domiciliares);
- eliminação dos riscos patológicos (caso dos resíduos de serviços de saúde);
- eliminação dos riscos toxicológicos (caso dos resíduos industriais) (informação oral)<sup>13</sup>.

A incineração também é conhecida como tratamento térmico, reciclagem energética ou, ainda, como uma tecnologia internacionalmente denominada “resíduo-para-energia” (*waste-to-energy*).

Como há possibilidade de geração de energia a partir da queima dos resíduos, as legislações para os novos incineradores de resíduos urbanos, na Europa, exigem que os equipamentos recuperem tanto quanto possível o calor gerado, por exemplo, através da produção combinada de calor e energia, produção de

---

<sup>13</sup> Informação oral fornecida pelo Prof. Josmar D. Pagliuso do NETeF da EESC/USP durante a palestra “Incineração de resíduos perigosos” da Conferência Anual do ICTR “Novas Tecnologias para Tratamento de Resíduos”, realizada em São Paulo, no dia 27/11/2003.

vapor para fins industriais ou aquecimento urbano (UNIÃO EUROPEIA, 2000 – Directiva 2000/76/CE).

Com a incineração há uma grande redução, de cerca de 90%, no volume de resíduos a ser aterrado (TAMMEMAGI, 1999) e diminuição de 75% do peso inicial (KORZUN, 1990 apud GRIPP, 1998). Os compostos orgânicos dos resíduos “são reduzidos a seus constituintes minerais, principalmente dióxido de carbono gasoso, vapor d’água e a sólidos inorgânicos (cinzas)” (JARDIM, 1995, p. 219).

Como os resíduos urbanos são uma mistura de materiais, podem conter elementos tóxicos, por isso a maior preocupação na incineração desses resíduos é que tais elementos tóxicos ficarão presentes nas cinzas e nos gases do processo. As novas tecnologias de tratamento dos gases de incineração visam a eliminar ao máximo as emissões poluentes na atmosfera.

A legislação da Comunidade Européia – Directiva 2000/76/CE (UNIÃO EUROPEIA, 2000) apresenta os valores-limite de emissão de poluentes, cujos novos incineradores têm alcançado, e até mesmo atingido, níveis ainda inferiores às exigências ambientais, como é o caso de Lisboa<sup>14</sup>.

Pagliuso<sup>15</sup> expõe que os subprodutos do processo têm relação direta com o que entra no incinerador. Então, se for utilizado um combustível que possui enxofre, serão liberadas partículas com enxofre (SO<sub>x</sub>). Se o combustível empregado for o gás natural, que não possui nitrogênio ou enxofre, os gases gerados não possuirão esses elementos.

Apesar de a incineração, no Brasil, restringir-se ao tratamento de resíduos perigosos e resíduos de serviços de saúde, em diversos países a incineração de resíduos municipais com recuperação de energia prevalece sobre a disposição em aterros e reciclagem. Hjelm (1996) destaca que a incineração é a opção preferida em países com limitação de espaço disponível ou acessível.

Uma análise mais detalhada de todo o processo de incineração – vantagens e problemas a ele associados, unidades em funcionamento no mundo etc. – será desenvolvida no próximo capítulo.

## **6.4 OUTROS**

Atualmente, existem outras diversas tecnologias para redução do volume de resíduos a serem enviados ao aterro sanitário: a compactação e secagem dos resíduos; o plasma térmico; a produção de RDF (*refused derived fuel*) para posterior queima; o tratamento mecânico-biológico, entre outros. As unidades dos diferentes tipos de tratamento estudados não comportam, atualmente, mais de 1.000 toneladas/dia.

Com a função de melhorar a qualidade dos resíduos enquanto combustível, há tecnologias que funcionam como um pré-tratamento dos materiais a serem

---

<sup>14</sup> De acordo com o documento “Valorsul Relatório e Contas 2003”, desde o início da operação do incinerador, em 1999, todas as emissões ficaram bem abaixo dos limites da Directiva 2000/76/CE, com uma única exceção: quando houve falha no sistema de injeção de carvão ativado.

<sup>15</sup> Cf. nota 13 deste capítulo.

encaminhados à incineração. Já outras, através da redução da geração de gases e líquidos, diminuem o impacto do aterro no meio ambiente (causado pelo confinamento dos materiais), como é o caso da compactação e secagem. Divulgada no Brasil, em eventos<sup>16</sup> na área de resíduos e na mídia<sup>17</sup>, essa tecnologia surge como uma espécie de paliativo, em que se molda o material em forma de bloco, reduz-se um pouco o volume, retiram-se os líquidos que serão tratados, sem, porém, grandes benefícios completos em termos de redução e tratamento.

#### 6.4.1 Tratamento mecânico-biológico (MBT)

No tratamento mecânico-biológico (*mechanical-biological treatment – MBT*) são realizadas a secagem (ou desidratação) dos resíduos e a retirada mecânica dos materiais recicláveis e contaminantes (como pilhas e baterias). O material restante, essencialmente orgânico, sofre um processo de decomposição biológica, aeróbia ou anaeróbia (nesta última há geração do biogás) (FRIENDS ..., 2004).

Através desse tratamento, obtém-se a redução do volume e a estabilização do material orgânico. Por isso, os resíduos finais do processo podem ser dispostos em aterros de baixo impacto<sup>18</sup> ou ainda ser refinados para produzir RDF (*refused derived fuel*) (MAZZARIOL; GALANZINO, 2004). Tal método pode ser utilizado para tratar os resíduos misturados provenientes da coleta pública. Como as regulamentações européias limitam o percentual de orgânicos dispostos em aterro, essa tecnologia vem sendo divulgada na Europa, pois a fração orgânica na massa tratada fica reduzida.

Segundo Friends [...] (2004), as grandes unidades de MBT têm capacidade anual de 250.000 toneladas (680 toneladas/dia). Na Europa, atualmente, há mais de 70 plantas de MBT em operação (FRIENDS ..., 2004).

Franzinelli, Ragazzi e Tubino (2004) fizeram uma análise das emissões de dioxinas e furanos em unidades de tratamento mecânico-biológico e concluíram que é importante a instalação de sistemas de limpeza de gases nessas unidades, para garantir que os impactos à saúde humana sejam inferiores àqueles causados pelos incineradores modernos.

Com esse tratamento, a quantidade e qualidade dos recicláveis obtidas são inferiores àquelas provenientes da coleta seletiva, pois não se gera composto orgânico nem se reduz o volume tanto quanto com a incineração. É, portanto, um método que atende a algumas finalidades, como redução do teor de orgânicos no aterro, mas acredita-se que não seja adequado para grandes cidades e conurbações urbanas onde é mister a redução significativa do volume de resíduos em aterro e unidades de tratamento para grande quantidade de material.

<sup>16</sup> Tecnologia conhecida durante visita à Feilimp 2004 (Feira Internacional de Limpeza Pública e Resíduos Sólidos), realizada entre os dias 26 e 28/05/2004, no Centro de Exposições Imigrantes, em São Paulo.

<sup>17</sup> Matérias obtidas nos sites: <<http://www.reciclaveis.com.br>> (CAVO ..., 2004) e <<http://www.radiobras.gov.br>> (GANDRA, 2004).

<sup>18</sup> Entendeu-se que aterro de baixo impacto (*low-impact landfill*) é aquele cujas emissões de gases e líquidos são bem menores que dos aterros que recebem os resíduos sólidos sem tratamento (com grande quantidade de matéria orgânica).

### 6.4.2 *Refused derived fuel (RDF)*

Algumas tecnologias encontradas funcionam como um pré-tratamento dos materiais a serem encaminhados à incineração, denominado *refused derived fuel* ou simplesmente RDF, ou seja, têm o objetivo de produzir um combustível de melhor qualidade para os incineradores do que o resíduo sólido *in natura*.

Na Itália, a empresa Sistema Ecodeco criou materiais denominados SER (*secondary energy reservoir* – reserva secundária de energia), constituídos da fração residual dos resíduos sólidos municipais (após coleta seletiva). Os resíduos municipais seguem para estações de transferência (denominadas inteligentes) onde são secos e estabilizados<sup>19</sup> para serem encaminhados a incineradores e fornos de cimento (NATTA, 2004). Tais unidades de tratamento são dependentes de outras unidades, tornando ainda mais complexo e oneroso o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos.

### 6.4.3 Pirólise e gaseificação dos resíduos

A Compact Power (2003), uma empresa do Reino Unido, desenvolveu um equipamento de conversão dos resíduos em energia com as seguintes etapas de tratamento: pirólise, gaseificação<sup>20</sup> e oxidação (dos gases) a altas temperaturas – processo no qual podem ser gerados calor e energia. A proposta da Compact Power é aliar o equipamento a um sistema de gerenciamento contendo coleta seletiva e compostagem, no intuito, acredita-se, de reduzir o teor de orgânicos e aumentar o poder calorífico do material a ser tratado.

As unidades têm capacidade máxima de tratamento de 60 mil toneladas anuais, que corresponde a 165 toneladas diárias de material. A primeira instalação implantada trata de 8 mil toneladas de resíduos por ano e tem a dimensão de uma quadra de tênis<sup>21</sup>.

Um aspecto do processo refere-se à umidade. De acordo com Hogg (2003) é necessário realizar uma secagem prévia e inserir o material seco, pois se este está muito úmido há uma diminuição no impacto do gás gerado (informação oral)<sup>22</sup>.

Quanto ao emprego da pirólise e da gaseificação para tratamento dos resíduos sólidos municipais, a Environment Daily (200-?) aponta que ainda há alguns problemas, e suas aplicações em nível comercial ainda são limitadas.

De acordo com Berenyi (1996), tanto a pirólise quanto a digestão anaeróbia foram empregadas para tratar dos resíduos sólidos urbanos, mas essas tecnologias não obtiveram sucesso numa escala comercial.

<sup>19</sup> Segundo Natta (2004), os resíduos passam por *bio-drying e stabilization process*, sem mais detalhes sobre os processos pelos quais passam.

<sup>20</sup> Gaseificação – reduzir a gás.

<sup>21</sup> Dados do folder informativo do Seminário Britânico do Meio Ambiente, realizado de 10 a 11/09/2003, com resumo da atuação das empresas participantes do seminário.

<sup>22</sup> Informação oral fornecida por Richard Hogg, da Compact Power (companhia inglesa que desenvolveu tecnologia para conversão de lixo em energia), durante a palestra “Energia do lixo – biomassa” do “Seminário Brasil/Reino Unido – Enfrentando os desafios ambientais”, realizado em São Paulo, nos dias 10 e 11/09/2003.

#### 6.4.4 Plasma

Até mesmo a tecnologia de tratamento por plasma, que vem sendo pesquisada por Szente (2003) no IPT tem capacidade máxima aproximada de 200 toneladas diárias (informação oral)<sup>23</sup>. Juntamente com o alto custo de implantação e operação, seu emprego é justificado somente em casos restritos, como tratamento de solos contaminados, resíduos perigosos, cinzas de incineração<sup>24</sup> e embalagens do tipo Tetra Pak<sup>25</sup>.

A tecnologia de plasma consiste na dissociação e ionização da matéria por meio da inserção de grandes quantidades de energia. O plasma térmico é um gás parcialmente ionizado a temperaturas entre 5 e 30 mil °C. Dentro de um tubo de cobre, o gás é aquecido através de um arco elétrico, formando as tochas de plasma que irão dissociar o resíduo. A Figura 6.1 ilustra esquematicamente o equipamento:

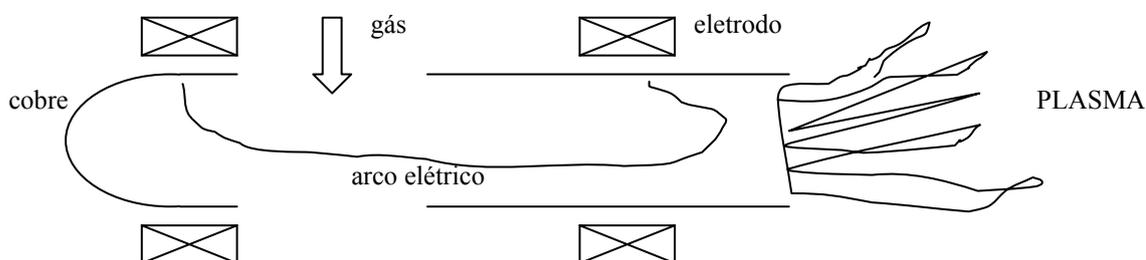


Figura 6.1 – Esquema da formação de tochas de plasma  
Fonte: Esquema apresentado por Szente (2003)<sup>26</sup>.

Apesar de a tecnologia de plasma e a pirólise fornecerem redução significativa do volume de resíduos, atualmente verifica-se que a tecnologia mais empregada, estudada e discutida é a incineração. Esta é também a tecnologia que apresenta maior capacidade de processamento, fator fundamental para adoção em megacidades e grandes conurbações urbanas.

### 6.5 COMPATIBILIDADE ENTRE INCINERAÇÃO E RECICLAGEM

Um argumento comumente utilizado contra a adoção da incineração de resíduos é que os incineradores reduzem as taxas de reciclagem, pois processam grandes quantidades de resíduos misturados, muitos dos quais poderiam ser adequados para a reciclagem (ENVIRONMENT DAILY, 200-?). A consequência seria a administração pública priorizar a incineração à reciclagem dos materiais.

<sup>23</sup> Informação oral fornecida pelo Prof. Roberto Nunes Szente do IPT, durante a palestra “Tecnologia do plasma para tratamento de resíduos” da Conferência Anual do ICTR “Novas Tecnologias para Tratamento de Resíduos”, realizada em São Paulo, no dia 27/11/2003.

<sup>24</sup> A unidade de tratamento de resíduos por plasma projetada para Taiwan receberá resíduos de serviços de saúde e cinzas volantes da incineração (PEAT ..., 16/03/2005)

<sup>25</sup> O IPT desenvolveu tal tecnologia para tratamento das embalagens cartonadas, após a retirada do papel, recuperando o metal dessas embalagens. A unidade de plasma da Tetra Pak já está em operação (LONGA-VIDA ..., 15/05/2005).

<sup>26</sup> Cf. nota 23 deste capítulo.

Técnicos e especialistas (GODINHO, 2004 – informação oral <sup>27</sup>; TAMMEMAGI, 1999; ENVIRONMENT DAILY, 200-?) discordam desse argumento e comprovam seus pontos de vista com números, pois os países com maiores níveis de incineração são também os que têm maiores níveis de reciclagem.

O gráfico (Figura 6.2) do documento sobre a incineração de resíduos na Europa, publicado pelo Environment Daily (200-?), apresenta o percentual de resíduos aterrados, incinerados (com recuperação de energia) e reciclados. Percebe-se que onde a incineração é maior, a reciclagem também é.

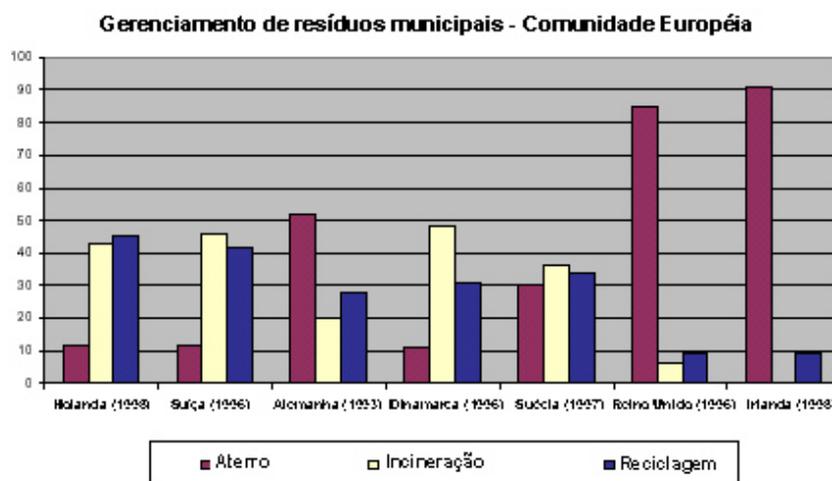


Figura 6.2 – Gerenciamento de resíduos municipais – Comunidade Européia  
Fonte: ENVIRONMENT DAILY, 200-?.

Conforme citado anteriormente neste capítulo, diversos materiais consumidos nas residências, apesar de serem compostos por materiais considerados recicláveis (como o papel, o plástico etc.), não são efetivamente recicláveis ou não poderão ser reciclados devido à contaminação por matéria orgânica e óleos.

Ademais, a realização da coleta seletiva pela administração pública é bastante onerosa, pois exige uma estrutura paralela à coleta pública convencional, além de atividades de separação, triagem e enfardamento dos materiais.

Para Menezes, Gerlach e Menezes (2000),

Os processos de reciclagem não poderão sozinhos resolver o problema dos resíduos urbanos, até porque programas de vulto têm encontrado sérias dificuldades em criar condições de economia no aspecto local e acabam por morrerem com o tempo.

De acordo com a experiência de Lisboa, relatada por Godinho (2004), a incineração tem dado suporte financeiro à ampliação da coleta seletiva municipal (informação oral) <sup>28</sup>. Os dados de Portugal (VALORSUL, 2004b, slide 23) corroboram com essa afirmação: as regiões onde há um maior índice de

<sup>27</sup> Informação oral fornecida pelo Eng. Rui Godinho, diretor da Valorsul S.A., empresa responsável pelo tratamento e disposição final dos resíduos sólidos da Região Metropolitana de Lisboa, em Lisboa, no dia 26/10/2004.

<sup>28</sup> Cf. nota 27 deste capítulo.

reciclagem são as que têm incineração (30% na área de atuação da Valorsul – Região Metropolitana de Lisboa e 24% na área da Lipor – Região do Porto).

Desse modo, conclui-se que, além de a incineração e a reciclagem serem compatíveis, podem também ser utilizadas em conjunto para alcançar o objetivo de diminuir a dependência dos aterros sanitários (TAMMEMAGI, 1999; ENVIRONMENT DAILY, 200-?). Tammemagi (1999) e Godinho (2004) (informação oral)<sup>29</sup> afirmam que os métodos não competem entre si, mas formam uma dupla compatível.

A única tecnologia disponível atualmente que contribui, junto com a reciclagem, para um desvio significativo dos resíduos do aterro é a incineração (TAMMEMAGI, 1999). A partir do conhecimento do gerenciamento dos resíduos sólidos municipais em diferentes países tem-se uma noção do potencial de implementação dos diferentes tipos de tratamento, pois o que existe são situações concretas.

## 6.6 DESTINAÇÃO ATUAL EM DIFERENTES PAÍSES

Na Europa, Estados Unidos e Japão, a incineração e a reciclagem fazem parte do sistema de gerenciamento de resíduos há vários anos e quanto maior seus empregos, menor a quantidade de resíduos disposta em aterro sanitário. A tabela a seguir apresenta o percentual de resíduos municipais tratados e dispostos em aterro sanitário em alguns países:

Tabela 6.4 – Destinação dos resíduos sólidos municipais em alguns países

País	Reciclagem e compostagem	Incineração	Aterro
Japão (1987) <sup>1</sup>	50%*	34%	16%
Holanda (2000) <sup>2</sup>	47%	34%	19%
Suíça (2000) <sup>2</sup>	45%	48%	7%
Suécia (2000) <sup>2**</sup>	38%	38%	23%
Dinamarca (2000) <sup>2</sup>	32%	55%	13%
França (2002) <sup>3</sup>	21%***	36%	43%
EUA (1995) <sup>1</sup>	21%*	20%	59%
Canadá (1995) <sup>1</sup>	21%*	4%	75%
Reino Unido (1999) <sup>2</sup>	11%	8%	81%

\* Corresponde somente à reciclagem. \*\* 1% Corresponde a outra destinação. \*\*\* 14% da reciclagem e 7% da compostagem.

Baseado em: <sup>1</sup> TAMMEMAGI, 1999, p. 42 – Tabela 4.2; <sup>2</sup> STRATEGY UNIT, 2002, Figura 3, p. 26; <sup>3</sup> OPPENEAU, 2003, p. 27.

A partir das informações da tabela, pode-se inferir que:

- os países com maior índice de reciclagem e compostagem (acima de 40%) são os que apresentam mais problemas de espaço físico territorial (Japão, Holanda e Suíça);
- os maiores índices de reciclagem são alcançados nos países em que a incineração também tem participação significativa (reciclagem acima de 30% e incineração também acima de 30%);

<sup>29</sup> Cf. nota 27 deste capítulo.

- os menores índices de reciclagem são encontrados nos países com pequena participação da incineração e conseqüente grande utilização do aterro sanitário – acima de 50% (Canadá, EUA e Reino Unido).

A Holanda, por ser um país pequeno e densamente povoado, tem diminuído tanto quanto possível o aterramento de resíduos (menos de 20% dos resíduos coletados), utilizando a incineração e a reciclagem (HUYSMAN, 2003). O mesmo pode ser afirmado para o Japão, cujo índice de reciclagem é de 50% e o de incineração, 34%.

De acordo com a composição dos resíduos domiciliares da Inglaterra em 2000/01, 37% do material é orgânico (17% de restos alimentares e 20% de resíduos de jardim), e os recicláveis representam 41% (STRATEGY UNIT, 2002). Todavia, quanto à destinação dos resíduos, sua situação é oposta à da Holanda e Japão: 79% dos resíduos municipais coletados são dispostos em aterro, enquanto 12% são reciclados e 9% recebem tratamento térmico (STRATEGY UNIT, 2002).

Os elevados índices de tratamento dos resíduos também estão associados à existência de legislação específica, que envolve população, indústria e poder público, com cobrança de taxas para disposição em aterro (e, às vezes, pela incineração), dentre outros custos que oneram o sistema de gerenciamento de resíduos (como as distâncias de transporte e o custo do solo), e ausência de áreas adequadas para implantação de aterros sanitários.

### **6.6.1 Legislação e metas européias**

A legislação tem um papel importante na alteração do percentual de emprego das formas de tratamento dos resíduos. Acredita-se que a Comunidade Européia elaborou a Directiva relativa à deposição de resíduos em aterros – Directiva 1999/31/EC, de 26 de abril de 1999 – impulsionada pelos diversos problemas ambientais existentes, riscos associados ao confinamento dos resíduos orgânicos no solo e gastos com remediação das áreas degradadas.

A Directiva Européia de aterro estabelece metas de redução da parcela orgânica municipal enviada para aterro tomando como base a quantidade disposta no ano de 1995. Para os países-membros da Comunidade Européia que aterravam menos de 80% de seus resíduos domiciliares em 1995, as metas são: reduzir em 25% os orgânicos confinados em aterro até 2006; em 50% até 2009; em 65% até 2016 (UNIÃO EUROPÉIA, 1999 – Directiva 1999/31/EC). Os demais países da Comunidade têm uma ampliação no prazo de mais 4 anos para alcançar essas metas, como é o caso da Inglaterra.

A Directiva de aterro representa um passo na mudança da forma como os resíduos são dispostos e ajuda a dirigir a hierarquia de minimização dos resíduos e aumentar os níveis de reciclagem e recuperação (LANDFILL DIRECTIVE, 200-).

Em 2004, foi elaborada a Directiva 2004/12/CE, que altera a Directiva 94/62/CE – relativa a embalagens e resíduos de embalagens – e define metas de valorização energética (ou incineração) e reciclagem para o ano de 2008.

Segundo a Directiva, no ano de 2008, a meta é reciclar um mínimo de 25%, em peso, dos materiais contidos nos resíduos das embalagens (OPPENEAU, 2003), 60% para o vidro, 60% para papel e papelão, 50% para metais, 22,5% para plásticos e 15% para a madeira (UNIÃO EUROPEIA, 2004 – Directiva 2004/12/CE). Além disso, o documento inclui metas de valorização energética ou incineração em unidades com recuperação de energia de, no mínimo, 60% do peso dos resíduos das embalagens.

Uma meta, na Holanda, é a ampliação da reciclagem dos resíduos domiciliares, dos aproximados 45% atuais para 60% em 2006 (HUYSMAN, 2003). No país, também se preconiza o aumento do valor da taxa de aterramento dos resíduos como forma de diminuir os resíduos encaminhados para este e os conseqüentes riscos de contaminação ambiental associados (HUYSMAN, 2003).

A Alemanha possui como metas para 2008: tratar biologicamente 17% dos resíduos urbanos; reutilizar 33%; incinerar 49%; dispor em aterro 0%. No caso dos resíduos comerciais, os valores são: 8% tratados biologicamente; 40% reutilizados; 23% incinerados; 28% levados a aterros, caso se trate de minerais (HOFFMANN, 2003).

Conforme expõe Tammemagi (1999), a legislação tem um papel importante, mas, mesmo com melhorias tecnológicas para desvio dos resíduos dos aterros, ainda serão necessárias várias décadas antes de se quebrar a dependência dos aterros.

Pode-se perceber que, na Europa, apesar de haverem sido definidas metas de reciclagem dos resíduos sólidos, a incineração está presente como um forte mecanismo de redução do volume de resíduos dispostos em aterro. As experiências europeias apresentadas a seguir demonstram a compatibilidade entre essas formas de destinação.

### **6.6.2 Lisboa – Portugal**

Atualmente, a Região Metropolitana de Lisboa possui um sistema de gerenciamento integrado de resíduos sólidos que envolve coleta seletiva e triagem de materiais, incineração, recuperação e reciclagem de escórias e ampla atividade de educação ambiental. O sistema integrado implantado é um exemplo de sucesso na Europa.

Todavia, há pouco menos de uma década, os municípios dessa região – Lisboa, Amadora, Vila Franca de Xira, Loures e Odivelas – dispunham seus resíduos coletados apenas em aterros sanitários e “lixões”.

O projeto iniciou-se em 1993 junto com o projeto da Expo’98, pois parte do local onde foi construída a Expo era o aterro de Lisboa. A idéia era oferecer uma alternativa de gerenciamento para os resíduos que diminuísse o volume de resíduos a serem destinados ao aterro sanitário – objetivando atender às diretrizes europeias com relação aos aterros – e fornecer tratamento ambientalmente adequado.

Foi criada a Valorsul S. A., uma sociedade constituída por acionistas majoritariamente públicos, com a responsabilidade de tratar e dispor os

resíduos da Região Metropolitana (VALORSUL, 1999). O contrato de concessão, que compreende também a concepção e construção de todas as instalações necessárias ao tratamento dos resíduos sólidos urbanos, foi assinado em 1995 e se encerrará em 2020.

A Região Metropolitana de Lisboa (Norte) possui aproximadamente 1.200 mil habitantes – 11% dos habitantes do país – e nela são coletadas cerca de 750 mil toneladas de resíduos ao ano – 15,3% do total de resíduos do país (VALORSUL, 2004b).



Figura 6.3 – Região Metropolitana de Lisboa (Norte) e localização das unidades de resíduos sólidos urbanos

Fonte: VALORSUL, 2004b.

Os resíduos sólidos tratados pela Valorsul apresentam a seguinte composição: 36% matéria orgânica; 42% materiais recicláveis; 22% demais materiais, conforme mostra o gráfico a seguir.

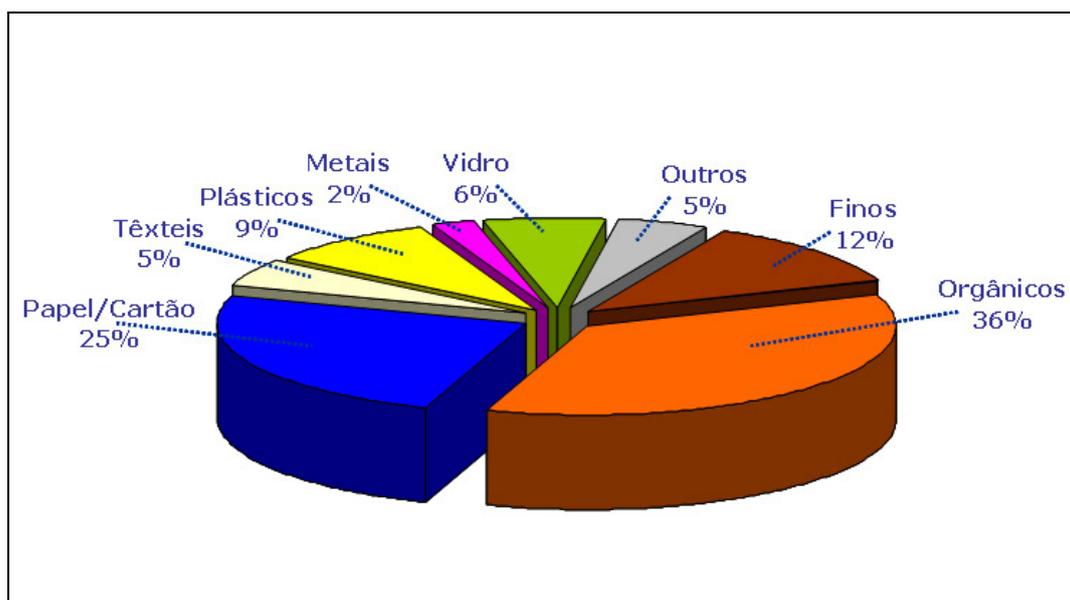


Figura 6.4 – Caracterização dos resíduos sólidos coletados na Região Metropolitana de Lisboa (Norte) – 2003

Fonte: VALORSUL, 2004b.

O sistema de gerenciamento é composto por 5 unidades, sendo que a unidade de compostagem ainda está em construção. São elas:

- Centro de Triagem e Ecocentro – CTE (área de 3 ha): para triagem de recicláveis;
- Estação de Tratamento e Valorização Orgânica – ETVO (área de 3 ha): para produção de composto e energia elétrica;
- Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos – CTRSU (área de 4 ha): unidade de incineração de resíduos, com produção de energia elétrica;
- Instalação de Tratamento e Valorização de Escórias – ITVE (área de 2,8 ha): para recuperação das escórias e metais recicláveis;
- Aterro sanitário (área total de 41 ha): contendo uma célula para os resíduos indiferenciados<sup>30</sup> (área de 13,6 ha) e uma célula especial para as cinzas inertizadas (área de 2,7 ha) (VALORSUL, 2004b).

O aterro contém, ainda, as seguintes áreas: infra-estrutura de apoio; célula encerrada de resíduos sólidos urbanos de Vila Franca de Xira (2,7 ha); plataforma para valorização de escórias – ITVE (2,8 ha); local de tratamento de lixiviados (VALORSUL, 2004b).



Figura 6.5 – Vista aérea do aterro sanitário – Mato da Cruz – Vila Franca de Xira – Portugal  
Fonte: VALORSUL, 2004b.

O sistema de coleta seletiva implantado em cada município está centrado no uso de contêineres (entrega voluntária): recipiente azul para papéis; amarelo para embalagens diversas (plásticas, de papel, metálicas); verde para os vidros; e outro recipiente para os demais tipos de resíduos (orgânicos e não recicláveis). Segundo técnicos da Valorsul, o centro de triagem de recicláveis tem capacidade para processar 105 mil t/ano, porém, em 2003, recebeu apenas 35 mil toneladas, cerca de 100 t/dia (informação oral)<sup>31</sup>.

<sup>30</sup> Os resíduos indiferenciados correspondem aos resíduos sólidos coletados pelo sistema público, que contêm todos os materiais misturados (recicláveis ou não).

<sup>31</sup> Informação oral fornecida pelos técnicos da empresa Valorsul durante visita *in loco* no dia 26/10/2004.



Figura 6.6 – Contêineres utilizados na coleta seletiva – RM Lisboa.  
Foto: Claudia Ruberg.



Figura 6.7 – Centro de Triagem e EcoCentro – Vale do Forno – Lisboa  
Fonte: VALORSUL, 2004b.

De acordo com os técnicos da Valorsul (2004), diariamente, cerca de 500 veículos com resíduos provenientes da coleta pública<sup>32</sup> descarregam no incinerador. São tratadas aproximadamente 2.000 t/dia de resíduos sólidos urbanos. A área de descarregamento no fosso permite que 9 veículos o façam simultaneamente. Na unidade, existem 3 fornos, ou seja, 3 linhas de incineração, e o processo de queima dura aproximadamente 45 minutos. A energia gerada pelo incinerador é suficiente para abastecer as necessidades de 150 mil habitantes (informação oral)<sup>33</sup>.

<sup>32</sup> Denominada “coleta indiferenciada” pelos portugueses.

<sup>33</sup> Cf. nota 31 deste capítulo.



Figura 6.8 – Central de Tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos (CTRSU) – São João da Talha – Loures – Portugal  
Fonte: VALORSUL, 2004b.

Os resíduos perigosos gerados, isto é, as cinzas provenientes do sistema de limpeza de gases do incinerador, são inertizadas e dispostas em local específico dentro da área do aterro sanitário.



Figura 6.9 – Aterro de Resíduos Perigosos – aterro sanitário Mato da Cruz – Vila Franca de Xira – Portugal  
Foto: Claudia Ruberg.

As escórias de forno são maturadas, seus materiais ferrosos são retirados e o restante é utilizado como material de base para a construção civil (bases ou sub-bases de estradas, entre outros) ou como material de cobertura no próprio aterro (informação oral)<sup>34</sup>.

---

<sup>34</sup> Cf. nota 31 deste capítulo.



Figura 6.10 – Instalação de Tratamento e Valorização de Escórias (ITVE) – aterro sanitário Mato da Cruz – Vila Franca de Xira – Portugal  
Fonte: VALORSUL, 2004b.



Figuras 6.11 e 6.12 – Materiais ferrosos e não ferrosos retirados das escórias – ITVE – aterro sanitário Mato da Cruz – Vila Franca de Xira – Portugal  
Fotos: Claudia Ruberg.

A Estação de Tratamento e Valorização Orgânica (ETVO), quando concluída, desenvolverá o método de digestão anaeróbia com produção de energia com capacidade para 40 mil toneladas anuais (cerca de 110 toneladas por dia) (VALORSUL, 2004b).



Figura 6.13 – Estação de Tratamento e Valorização Orgânica (ETVO) – São Brás – Amadora – Portugal  
Fonte: VALORSUL, 2004b.

Um dos aspectos interessantes da gestão dos resíduos em Lisboa é o investimento no próprio sistema de gerenciamento dos resíduos para sua ampliação, a partir dos recursos arrecadados através da cobrança pelo

tratamento dos resíduos (aproximadamente 25 euros/tonelada – informação oral<sup>35</sup>) e da venda da energia excedente gerada na unidade de incineração.

A aquisição de contêineres para coleta seletiva e ampliação da área de abrangência, o fechamento e recuperação paisagística de aterros e “lixões” nos municípios envolvidos e a construção da ETVO são alguns exemplos das melhorias obtidas (informação oral)<sup>36</sup>. Pode-se citar, ainda: o Parque Municipal Santa Iria de Azóia, inaugurado em 2002 no município de Loures, que corresponde ao antigo aterro de Vila Franca de Xira e Loures; parte da Expo, construída sobre o antigo aterro de Lisboa; a Lixeira da Boba, em Amadora, que recebia os resíduos da cidade e também de Lisboa (informação oral)<sup>37</sup>.



Figura 6.14 – Parque Municipal Santa Iria de Azóia – Loures – Portugal  
Fonte: VALORSUL, 2004b.

### 6.6.3 Paris – França

Quase todos os resíduos sólidos urbanos gerados na Região Metropolitana de Paris são tratados e dispostos pelo SYCTOM (*Syndicat Intercomunal de Traitement des Ordures Ménagères de l'Agglomération Parisienne*) (Sindicato Intercomunal de Tratamento dos Resíduos Sólidos da Aglomeração Parisiense) (SYCTOM, 2001).

Atualmente, a área atendida pelo SYCTOM é composta por 89 comunas, onde residem aproximadamente 5,5 milhões de habitantes, cerca de 9% da população do país (SYCTOM, 2004). Em Paris, a densidade populacional é elevada – acima de 900 habitantes por km<sup>2</sup> – e cada morador gera, em média, 500 kg de resíduos sólidos por ano (SYCTOM, 2004).

De acordo com a Lei Real (*Loi Royal*) de 13 de julho de 1992, são itens obrigatórios:

- a valorização dos resíduos;
- a prevenção e redução de sua nocividade;
- a organização dos transportes e sua limitação em distância e volume de transporte;

<sup>35</sup> Cf. nota 31 deste capítulo.

<sup>36</sup> Cf. nota 31 deste capítulo.

<sup>37</sup> Cf. nota 31 deste capítulo.

- a informação do público.

Pela Lei, a partir de julho de 2002 ficou proibida a disposição de resíduos brutos (sem tratamento) em aterro (SYCTOM, 2004; SYCTOM, 2001).

Em 2003, na área do SYCTOM foram coletados 2,7 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, dos quais 92% foram tratados pelo SYCTOM (SYCTOM, 2004)<sup>38</sup>.

Nessa região metropolitana, o SYCTOM possui três usinas de incineração (Issy-les-Moulineaux, Saint-Ouen, Ivry-Paris XIII) e quatro unidades de triagem de materiais recicláveis (Romainville, Ivry-Paris XIII, Nanterre, Saint-Denis), além de unidades de transferência, de triagem de resíduos volumosos, ecopontos (*dechétteries*), de maturação de escórias e recuperação de metais, de inertização de cinzas volantes (SYCTOM, 2004; SYCTOM, 2005).

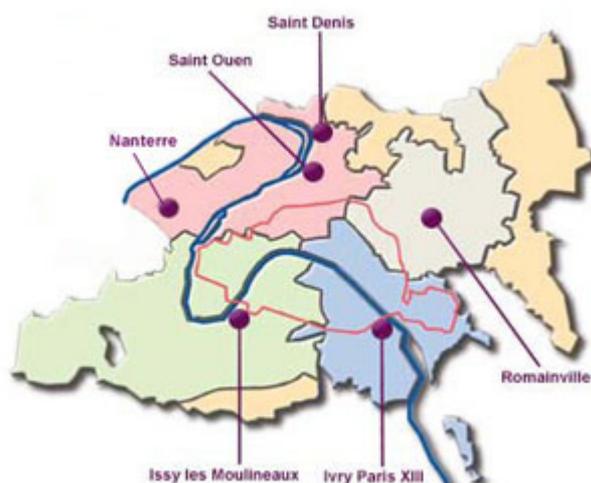


Figura 6.15 – Área de abrangência e unidades de recebimento dos resíduos sólidos urbanos coletados – RM Paris  
Fonte: SYCTOM, 2005.

Os resíduos sólidos tratados pelo SYCTOM apresentam a seguinte composição: 19% matéria orgânica; 55% materiais recicláveis<sup>39</sup>; 26% demais materiais. Na França, 29% dos resíduos são compostos por orgânicos, 53% são materiais recicláveis<sup>40</sup> e 18% são outros materiais (SYCTOM, 2001).

Segundo Contassot (2003), em Paris, 75% dos resíduos gerados e coletados são incinerados (com recuperação de energia), 6% são encaminhados aos centros de triagem e os 19% restantes seguem para os aterros sanitários.

Em outras cidades francesas, a situação é bastante diferente, pois na França como um todo, em 2002, a reciclagem de materiais foi de 14%; a incineração com recuperação de energia, de 36%; a valorização orgânica (compostagem), de 7%; e 43% dos resíduos ainda continuavam sendo dispostos em aterros (OPPENEAU, 2003).

<sup>38</sup> Dos resíduos não tratados, há 95.000 toneladas de vidro e 113.000 toneladas de resíduos provenientes de comunas.

<sup>39</sup> Corresponde a: papel e papelão (30%), plástico (12%), vidro (10%) e metal (3%) (SYCTOM, 2001).

<sup>40</sup> Corresponde a: papel e papelão (25%), plástico (11%), vidro (13%) e metal (4%) (SYCTOM, 2001).

As informações mais detalhadas da destinação dos resíduos urbanos na Região Metropolitana de Paris encontram-se na tabela a seguir, de acordo com o Relatório Anual de Atividades do SYCTOM de 2003:

Tabela 6.5 – Total de resíduos tratados pelo SYCTOM – RM Paris – 2003

Destinação	Quantidade (t)	Percentual***
Incineração (sem o rejeito da triagem)*	1.735.000	70,0%
Triagem da coleta seletiva	130.000	5,2%
Triagem de volumosos	184.000	7,4%
Ecopontos ( <i>déchetterie</i> )	52.000	2,1%
Compostagem	6.000	0,2%
Transferência	322.000	13,0%
Aterramento**	65.000	2,1%
Total	2.493.000	100,0%

\* No total – 1.956 mil toneladas, sendo 1.735 mil de resíduos urbanos mais 221 mil de rejeito da triagem. \*\* Devido à proibição de disposição de resíduos não tratados em aterros, estes ficam armazenados em centros de estocagem (CET) até que venham a receber algum tipo de tratamento. \*\*\* Calculado por Claudia Ruberg.

Fonte: SYCTOM, 2004, p. 42-3.

Das 130.000 toneladas de resíduos encaminhadas para os centros de triagem de recicláveis, 86.000 foram valorizadas<sup>41</sup> (SYCTOM, 2004), o que representa 66% do material recebido. O restante teve outra destinação: incineração ou aterro.

Mais de 5,1 milhões de habitantes participam da coleta seletiva e a triagem de materiais recicláveis cresceu 24% de 2003 para 2004 (SYCTOM, 2004).

De acordo com Contassot (2003), Paris não tem interesse em compostar a parcela orgânica dos resíduos proveniente de domicílios, mas sim a dos grandes geradores, como empresas, restaurantes e feiras livres.

A maior unidade de valorização energética (incineração) é a de Ivry – Paris XIII, que recebe resíduos de 1,4 milhões de habitantes, residentes em 14 comunas e 9 distritos parisienses. Essa unidade possui capacidade anual de processamento de 730 mil toneladas, sendo que incinera 100 t/hora. No ano de 2004, tratou 700 mil toneladas de resíduos urbanos<sup>42</sup> (SYCTOM, 2005). Nela funcionam, ainda, uma central de triagem de recicláveis e um ecoponto (*déchetterie*).

<sup>41</sup> Corresponde a menos de 240 toneladas por dia. A triagem dos recicláveis ocorre nas unidades do SYCTOM e em unidades privadas.

<sup>42</sup> Isto corresponde a mais de 1.900 toneladas de resíduos por dia.



Figura 6.16 – Centro de valorização energética de Ivry – Paris XIII – Paris  
Fonte: SYCTOM, 2005.

A unidade de incineração de Saint-Ouen atende uma população de 1,3 milhões de habitantes que residem em 17 comunas e 4 distritos parisienses. Os equipamentos processam 84 toneladas de resíduos por hora e têm capacidade nominal de 630 mil toneladas/ano (SYCTOM, 2005). Segundo o SYCTOM (2005), em 2004 foram processadas 640 mil toneladas de resíduos urbanos, o que corresponde a cerca de 1.750 toneladas por dia.



Figura 6.17 – Centro de valorização energética de Saint-Ouen – Paris  
Fonte: SYCTOM, 2005.

O mais antigo dos incineradores, o de Issy-les-Moulineaux, recebe resíduos de uma área com 21 comunas e 5 distritos parisienses, onde vivem cerca de 1,2 milhões de habitantes. Atualmente, incinera 72 toneladas de resíduos por hora e tem capacidade para tratar 540 mil toneladas por ano. Suas atividades serão encerradas em dezembro de 2005 e o equipamento será substituído pelo incinerador Isséane, atualmente em construção (SYCTOM, 2005).



Figura 6.18 – Centro de valorização energética de Issy-les-Moulineaux – Paris  
Fonte: SYCTOM, 2005.

O incinerador Isséane está localizado a 500 metros da unidade de Issy-les-Moulineaux, em uma área já bastante urbanizada, conforme mostra, a seguir, a foto aérea do terreno (Figura 6.19). A unidade deverá ser inaugurada no ano de 2007 e terá capacidade para tratar 460.000 toneladas de resíduos urbanos – geração de, aproximadamente, 1 milhão de habitantes. Na unidade, também funcionará uma central de triagem de recicláveis e resíduos volumosos com capacidade anual de 55.000 toneladas (SYCTOM, 2005).



Figuras 6.19 e 6.20 – Centro de valorização energética de Isséane – terreno e projeto – Paris  
Fonte: SYCTOM, 2005.

Em 2003, os principais subprodutos da incineração gerados foram:

- escórias – 445 mil toneladas<sup>43</sup>;
- metais ferrosos – 44 mil toneladas;
- metais não ferrosos – 2,7 mil toneladas;
- energia – 208 mil toneladas;
- calor – 60 mil toneladas;
- vapor – 3.800 mil toneladas.

<sup>43</sup> As escórias seguem para maturação e, após esse tratamento, podem ser utilizadas na construção de vias como sub-base.

No mesmo ano, foi fornecido aquecimento ou água quente para mais de 210.000 residências (SYCTOM, 2004). As 43 mil toneladas de cinzas do sistema de limpeza de gases geradas foram inertizadas antes do confinamento em aterro.

No sistema de transporte dos materiais, Paris utiliza o transporte fluvial e o férreo, principalmente no escoamento das escórias de incineração e materiais recicláveis enfardados. Dessa maneira, milhares de viagens de caminhão são evitadas anualmente.



Figura 6.21 – Transporte fluvial de materiais – Paris  
Fonte: SYCTOM, 2005.

Na unidade de Romainville funcionam: estação de transbordo para 400 mil toneladas anuais; central de triagem de recicláveis e de resíduos volumosos; e ecoponto (SYCTOM, 2005). A unidade de Saint-Denis recebe resíduos volumosos e possui um ecoponto, e a unidade de Nanterre, inaugurada em junho de 2004, tria apenas os resíduos recicláveis. Os locais de aterramento dos resíduos após tratamento localizam-se fora da área de abrangência da SYCTOM.



Figuras 6.22, 6.23 e 6.24 – Centro de triagem Romainville, Saint-Denis e Nanterre – Paris  
Fonte: SYCTOM, 2005.

## 6.7 CONSIDERAÇÕES SOBRE A REDUÇÃO

Conforme apresentado no capítulo, os resíduos sólidos domiciliares de São Paulo possuem 28% de materiais recicláveis (papel, plástico, vidro e metal) em sua composição. De acordo com o estudo da PMSP (2004c), em um ano foram coletados cerca de 3,2 milhões de toneladas de resíduos sólidos domiciliares. Se todos os materiais classificados como recicláveis pudessem ser reciclados, ainda assim restariam 2,3 milhões de toneladas anuais de resíduos domiciliares a serem confinados em aterros.

Entretanto, segundo os estudos realizados em Nova Iorque (NYC, 2004c), há uma parte dos materiais considerados recicláveis (papéis, plásticos, vidros ou metais) que não pode ser processada nas indústrias recicladoras. Pelo documento, apenas 51% dos materiais classificados como recicláveis podem ser efetivamente reciclados, ou seja, apenas 460.000 toneladas<sup>44</sup> anuais seriam valorizadas (encaminhadas para a reciclagem). Verifica-se que restariam 2.740.000 de toneladas de resíduos domiciliares para serem dispostas em aterro.

Tal avaliação refere-se apenas aos materiais coletados pela administração pública, pois, conforme apresentado no Item 6.1.4, no Brasil, a reciclagem apresenta índices elevados, devido à estrutura existente de coleta independente da administração pública.

Analisando sob o ponto de vista da matéria orgânica (que representa a maior parte dos resíduos sólidos domiciliares de São Paulo – 61% do peso, segundo PMSP, 2004c), verifica-se que esta dificilmente poderá ser tratada, em sua maioria ou totalmente, através de uma compostagem de qualidade. Tal dificuldade ocorre devido à necessidade de estrutura específica para sua coleta e à impossibilidade de garantir a qualidade do material enviado à unidade (dependente do gerador do resíduo).

Além disso, mesmo que fosse viável fazer a compostagem de todo o material orgânico, haveria o problema de se encontrar espaço físico para as unidades de tratamento. Segundo Jardim (1995) são necessários 4,8 hectares de área para cada unidade de compostagem que trata 200 t/dia de orgânicos. Se São Paulo coleta cerca de 2 milhões de toneladas de matéria orgânica por ano, ou seja, aproximadamente 5,5 mil toneladas por dia, seriam necessárias 28 unidades de compostagem distribuídas na cidade, que ocupariam 134,4 hectares, sem contar as áreas de aterro necessárias para confinamento dos rejeitos da compostagem.

A incineração, outra principal forma de tratamento já adotada em diversas cidades do mundo, pode reduzir significativamente o volume dos resíduos e não exige coleta seletiva. Os exemplos de Lisboa e Paris demonstram que:

- a incineração é uma forte aliada na redução do volume de resíduos em conurbações urbanas;
- cada unidade tem capacidade para processar grande quantidade de material;
- boa parte dos subprodutos – escórias, metais, energia, vapor e calor – pode ser aproveitada;
- as cinzas contaminadas são geradas em pequena quantidade, se comparadas ao volume inicial de resíduos.

Não se pretende afirmar que a reciclagem e a compostagem não são mecanismos de redução do volume de resíduos, e sim que eles têm

---

<sup>44</sup> A quantidade de resíduos recicláveis, segundo a PMSP (2004c), é de 0,9 milhões de toneladas por ano. 51% desse total correspondem a 460.000 toneladas, cerca de 1.260 toneladas/dia.

capacidade limitada e demandam estruturas complementares de coleta e triagem para garantir sua efetivação com qualidade.

Portanto, neste estudo, optou-se por considerar somente o tratamento que pode trazer melhores resultados em termos de redução de volume de resíduos enviados ao aterro: a incineração. A análise mais detalhada de seus problemas, vantagens e estudos realizados encontram-se nos próximos capítulos.