

3 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

A característica fundamental dos resíduos sólidos urbanos é seu alto nível entrópico, por ser composto de uma mistura de materiais que, quando analisados individualmente, não são considerados como resíduos. Na Coleta Seletiva, os diferentes tipos de materiais são separados, passando a constituir matéria-prima e, portanto, a quantidade de lixo, ou resíduo, resultante, tende a zero.

Mas é fato que, os materiais não separados na origem, e portanto detentores de alta entropia, mesmo sendo recicláveis, necessitam de muita “energia” para poder ser reciclados. Essa “energia” corresponde ao esforço manual e à energia elétrica despendidos na separação dos materiais, que são muito maiores do que a “energia” empregada para triagem dos materiais já coletados em separado. Além do esforço de separação ser superior, a qualidade dos materiais é inferior, pois, freqüentemente ocorre a contaminação de um material por outro, chegando até a inviabilizar a sua reciclagem¹.

Dessa forma pode se considerar que, na mistura, quanto maior o número e a variedade de substâncias presentes, mais essa mistura é considerada “lixo”. A proporção da desordem presente nos resíduos é a sua entropia. A composição dos resíduos está diretamente relacionada à sua origem: se doméstica, a desordem é bastante elevada, se industrial ou comercial, provavelmente é menor (SERRA; RUBERG, 2002).

Numa visão econômica, a necessidade de separação dos materiais implica em custos, tanto maiores quanto maior for a entropia, uma vez que maior quantidade de energia é requerida no processo de separação (SERRA; RUBERG, 2002).

Estudos de caracterização dos resíduos permitem a identificar a composição dos resíduos e contribuem para a escolha de uma, ou outra, alternativa de tratamento. Permitem também avaliar potenciais impactos ao meio ambiente decorrentes do processo de degradação dos materiais e potencial de geração de biogás² em aterro.

De modo geral, observa-se que, quanto maior o grau de desenvolvimento de um país/município maior será a taxa de produção diária de resíduos sólidos *per capita*. Também estão na razão direta a produção de lixo e o número de habitantes.

A Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) mostra, através de uma tabela comparativa, o cruzamento de dados sobre a composição dos resíduos e o Produto Nacional Bruto (PNB) *per capita* relativo de alguns países:

¹ Por exemplo, os papéis podem ser contaminados pelos resíduos orgânicos e óleos presentes no interior das embalagens.

² Gás combustível gerado na degradação anaeróbia da matéria orgânica composto essencialmente pelo gás metano (CH₄) e tem potencial poluidor muito mais elevado que o gás carbônico (CO₂). Pode ser utilizado para geração de energia elétrica.

Tabela 3.1 – Composição dos resíduos sólidos urbanos (em %) de diversos países – 1996

| País | Suécia | EUA | Japão | Europa | México | Peru | El Salv. | Índia |
|------------------------|--------|------|-------|--------|--------|------|----------|-------|
| PNB/capita (relativo)* | 54 | 51 | 39 | 40 | 9 | 5 | 3 | 1 |
| Mat. Orgânica | - | 26,0 | - | 30,0 | 50,0 | 50,0 | 43,0 | 75,0 |
| Papel/Papelão | 44,0 | 36,0 | 40,0 | 30,0 | 20,0 | 10,0 | 18,0 | 2,0 |
| Plástico | 10,0 | 7,2 | 7,0 | 6,0 | 3,8 | 3,2 | 6,1 | 1,0 |
| Metal | 7,0 | 9,2 | 2,5 | 5,0 | 3,2 | 2,1 | 0,8 | 0,1 |
| Vidro | 5,0 | 9,8 | 1,0 | 7,0 | 8,2 | 1,3 | 0,8 | 0,2 |
| Têxtil | - | 2,1 | - | 3,0 | 4,2 | 1,4 | 4,2 | 3,0 |
| Outros | 34,0 | 9,7 | 49,5 | 19,0 | 10,4 | 32,0 | 27,1 | 18,7 |

* Produto Nacional Bruto *per capita* relativo ao da Índia

Fonte: HEDERRA, 1996, p.53.

Os países desenvolvidos, cujo PNB/capita é maior, apresentaram uma composição pobre em matéria orgânica (menos de 1/3 do total), ou até mesmo uma quantidade ínfima desse item. Mais da metade dos resíduos desses países corresponde a materiais recicláveis, reflexo da quantidade de embalagens utilizadas.

A composição dos resíduos domiciliares, no município de São Paulo, vem se alterando, no decorrer dos anos, conforme mostra a tabela a seguir.

Tabela 3.2 – Composição dos resíduos sólidos domiciliares do município de São Paulo (% médio em peso) – 1927-2004

| Ano | 1927 | 1957 | 1969 | 1976 | 1991 | 1996 | 1998 | 2000 | 2003 | 2004 |
|------------------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|------|------|------|
| Material | | | | | | | | | | |
| Matéria orgânica | 82,5 | 76,0 | 52,2 | 62,7 | 60,6 | 55,7 | 49,5 | 48,2 | 57,6 | 60,8 |
| Papel* | 13,4 | 16,7 | 29,2 | 21,4 | 13,9 | 16,6 | 18,8 | 17,3 | 12,2 | 10,6 |
| Plástico** | - | - | 1,9 | 5,0 | 11,5 | 14,3 | 22,9 | 16,8 | 16,8 | 14,9 |
| Metais | 1,7 | 2,2 | 7,8 | 4,0 | 3,5 | 2,8 | 2,9 | 3,3 | 2,2 | 1,8 |
| Vidro | 0,9 | 1,4 | 2,6 | 1,7 | 1,7 | 2,3 | 1,5 | 1,3 | 1,7 | 1,2 |
| Outros*** | 1,5 | 2,8 | 6,2 | 5,2 | 7,6 | 8,3 | 4,5 | 13,0 | 7,7 | 7,4 |
| Total**** | 100,0 | 99,1 | 99,9 | 100,0 | 98,8 | 100,0 | 100,1 | 99,9 | 98,2 | 96,6 |

* Corresponde a papel, papelão, jornal e embalagem Longa Vida.

** Corresponde a plásticos mole, duro, PET e isopor.

*** Corresponde a soma dos trapos, panos, couro e borracha; pilhas e baterias; terra e pedra; madeira e materiais diversos.

**** As diferenças nos totais podem ser decorrentes do arredondamento das casas decimais e de perdas no processo de caracterização.

Baseado em: PMSP, 2004c – Caracterização dos resíduos sólidos domiciliares do município de São Paulo 2004 – Tabela 4 – Composição média dos RSD's através da ponderação pela produção anual de resíduos, p.67 (ano de 2004) e Tabela 13 – Comparativos de análises gravimétricas, p.102 (anos anteriores).

Os problemas econômicos e o desemprego, ocorridos nos últimos anos, contribuíram para o aumento do número de catadores de materiais recicláveis, tanto nas ruas como organizados em cooperativas. Acredita-se que a redução da presença de recicláveis, apresentada na caracterização, pode ser decorrente do desvio desses materiais, antes da coleta pública, por esse grupo de trabalhadores. A análise da caracterização é realizada nos resíduos domiciliares coletados misturados através do sistema público; os materiais provenientes da coleta seletiva não são analisados.

A PMSP (2003b) considera que o aumento do percentual de matéria orgânica dos últimos anos pode estar associado às condições socioeconômicas da população, que opta por consumir alimentos *in natura*, gerando, conseqüentemente, mais restos alimentares, quando se encontra em épocas de menor poder aquisitivo e desemprego. A participação da população na separação dos materiais recicláveis também seria um dos fatores para o acréscimo na percentagem da matéria orgânica.

Os resíduos sólidos urbanos são aqueles que a administração municipal coleta, transporta e destina, e que, regra geral, correspondem, no Brasil, aos resíduos domiciliares residenciais, parte dos comerciais e industriais que têm característica de resíduo domiciliar³, resíduos públicos (provenientes da varrição e feiras livres) e resíduos da construção civil acumulados inadequadamente no ambiente público.

Outros tipos de resíduo, como resíduos da construção civil e resíduos de serviços de saúde são, por lei, de responsabilidade da unidade geradora do resíduo. Estes últimos, porém, na maioria das cidades brasileiras, inclusive no município de São Paulo, é o poder público quem realiza a coleta, transporte, tratamento e disposição.

O sistema público de coleta no município de São Paulo, composto basicamente de caminhões compactadores, recolhe os resíduos domiciliares (residenciais e não-residenciais), os resíduos da varrição e da limpeza de feiras livres. Tanto a atividade corretiva de retirada dos resíduos da construção civil acumulado inadequadamente quanto a coleta de resíduos de serviços de saúde, são executadas por veículos diferenciados e exclusivos para cada fim.

Neste trabalho serão apresentados dados do sistema de gerenciamento de resíduos de São Paulo como um todo, recaindo, porém, o foco sobre os resíduos atualmente coletados sem distinção pelos compactadores: resíduos domiciliares, de varrição e feiras livres, que serão denominados simplesmente por resíduos sólidos domiciliares.

3.1 GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS

Todo resíduo necessita ser acondicionado, coletado, transportado e disposto em algum local (Figura 3.1). Logo, o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos pressupõe a existência de uma série de equipamentos, espaços e estruturas específicos para o desenvolvimento dessas atividades. A questão dos resíduos é agravada nas grandes cidades: sendo maior o volume gerado, maior também será a estrutura necessária de gerenciamento.

³ Segundo a Lei da Taxa de Lixo (SÃO PAULO, 2002, Lei Municipal nº. 13.478, art.22), estes são os resíduos originários de estabelecimentos públicos, institucionais, de prestação de serviços, comerciais e industriais, entre outros, com características de Classe 2, conforme NBR 10.004 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), até 200 (duzentos) litros por dia – denominados de resíduos sólidos domiciliares não-residenciais.

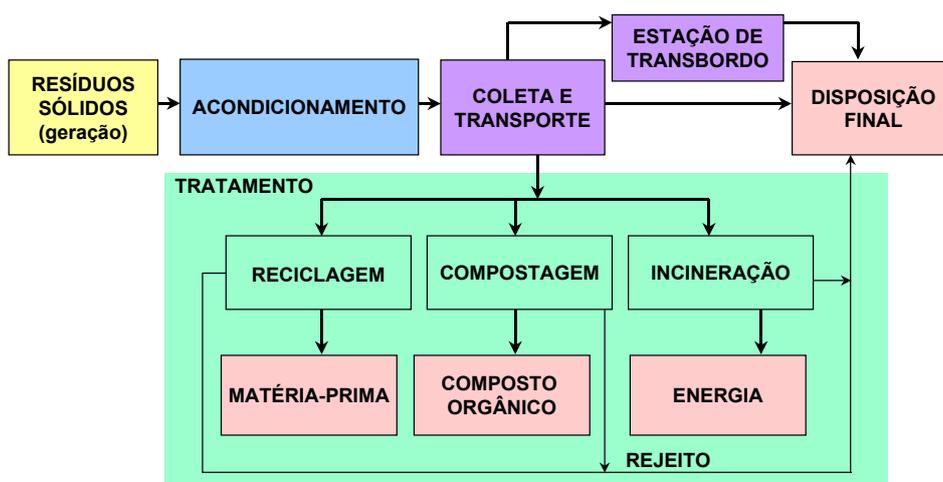


Figura 3.1 – Fluxograma do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos
Baseado em: RUBERG, 1999.

Dependendo do tipo de resíduo (caso do resíduo domiciliar), com exceção da coleta, as demais etapas são de responsabilidade da administração municipal. Convém lembrar, no entanto, que a existência de um sistema de gerenciamento de resíduos não garante haver qualidade no serviço prestado.

3.1.1 Acondicionamento

A lixeira, local para armazenagem temporária do material a ser descartado, é o primeiro equipamento por que passa o resíduo, no momento de sua geração. O resíduo, após acondicionado pelo gerador, percorre um caminho em que outros equipamentos e espaços podem estar disponíveis, no todo ou em parte: abrigo de resíduos, caminhão de coleta, estação de transbordo, central de triagem, compostagem, outros locais de tratamento, disposição final.



Figuras 3.2 e 3.3 – Lixeiras para acondicionamento de resíduos sólidos urbanos – de pneu usado e tambor metálico
Fotos: Alexandre Aguiar; Maria Helena de Andrade Azevedo.



Figuras 3.4 e 3.5 – Lixeiras públicas para acondicionamento de resíduos sólidos urbanos – de plástico e de metal
Fotos: Claudia Ruberg.



Figuras 3.6 e 3.7 – Recipientes para acondicionamento de materiais recicláveis – São Paulo e Roma – Itália
Fotos: Claudia Ruberg.

3.1.2 Coleta e transporte

A etapa de coleta e transporte dos resíduos é das mais visíveis à população, uma vez que os materiais indesejáveis são retirados do ambiente público (calçadas, praças, parques), impedindo a proliferação de vetores transmissores de doenças, removendo a entropia e mantendo a ordem no ambiente urbano.

Mesmo provocando diversos transtornos nas vias públicas e causando incômodos visuais, sonoros e olfativos, o transporte dos resíduos sólidos é tolerado pela população, que quer seus resíduos removidos de sua proximidade.



Figuras 3.8 e 3.9 – Veículos compactadores para coleta de resíduos sólidos urbanos
Fotos: Claudia Ruberg.

O tipo de veículo utilizado varia em função do tipo e quantidade de material a ser transportado, além da forma de acondicionamento. No Brasil o transporte dos resíduos baseia-se no uso de rodovias. Como a coleta dos resíduos é efetuada, regra geral, porta-a-porta, é de grande importância o planejamento do percurso dos veículos coletores, para que todas as vias públicas possam ser atendidas de modo racional e no menor tempo possível. Após a coleta, o caminhão cheio segue ao local de transbordo⁴, tratamento e/ou disposição final.



Figuras 3.10 e 3.11 – Veículos para coleta de resíduos de serviços de saúde
Fotos: Claudia Ruberg.



Figuras 3.12 e 3.13 – Veículos para coleta de entulho e materiais recicláveis
Fotos: Claudia Ruberg.

⁴ Os pontos de transbordo são locais de armazenagem temporária dos resíduos que são transferidos de caminhões de pequeno porte para carretas que comportam grandes volumes e os transportam à disposição final (vide próximo Item).

Nas grandes e megacidades, a lentidão dos caminhões que efetuam a coleta e o transporte de resíduos contribui para agravar os engarrafamentos, problemas de circulação e poluição do ar, já tão frequentes nesses centros urbanos. Como os aterros estão sendo localizados a distâncias cada vez maiores dos centros de geração de resíduos, aumentam as distâncias com transporte e, conseqüentemente, os impactos negativos. O gerenciamento de resíduos nas megacidades pode se transformar em um grande problema de transporte.

3.1.3 Transbordo

As grandes distâncias entre o local de coleta e o aterro causam atraso nos roteiros de coleta, permitem grande tempo improdutivo dos funcionários da coleta (guarnição) enquanto esperam o retorno do veículo, aumentam o custo de transporte e reduzem a produtividade dos veículos de coleta (MONTEIRO et al., 2001).

Com o intuito de minimizar esses problemas e racionalizar os custos de transporte, são implantadas estações de transbordo, ou de transferência. A operação de transbordo consiste em transferir a carga de um veículo para outro de maior capacidade (GODOI, 1997).

De acordo com Monteiro et al. (2001), opta-se por implantar estações de transbordo quando a distância entre o centro de massa⁵ de coleta e o aterro é superior a 25 km. Em cidades com tráfego rodoviário muito lento podem ser encontrados transbordos a distâncias inferiores a 20 km.

Nas estações de transferência, o transbordo pode ser efetuado diretamente do menor veículo ao de maior capacidade, ou através do armazenamento temporário dos resíduos em pátio ou fosso, havendo ou não compactação do material.



Figuras 3.14 e 3.15 – Estações de transferência em pátio e transferência direta – São Paulo e Roma – Itália
Fotos: Claudia Ruberg.

3.1.4 Tratamento

Os resíduos sólidos podem receber diferentes tipos de tratamento, que trazem consigo uma série de benefícios e problemas: ambientais, energéticos, sociais e econômicos, dentre outros.

⁵ Centróide do distrito.

Entretanto, a adoção de um ou outro tratamento, ou mesmo vários tratamentos em conjunto, dependerá de cada situação a ser enfrentada, da composição do resíduo, da necessidade, da disponibilidade de recursos financeiros, da área disponível para aterro, do mercado para os subprodutos gerados, da aceitação da população residente no entorno e do apoio da população em geral para acondicionar seus resíduos de acordo com as exigências dos equipamentos de tratamento.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) o tratamento dos resíduos é definido como sendo um processo, químico, físico ou biológico, que reduz a periculosidade, toxicidade, massa ou volume do resíduo, transformando os materiais na forma mais adequada à reciclagem, a outro tipo de tratamento ou à disposição final (TAMMEMAGI, 1999).

Tammemagi (1999) apresenta as seguintes formas de tratamento para os resíduos sólidos: tratamento físico (trituração), tratamento térmico (incineração), fixação, encapsulação, e tratamento biológico (compostagem).

Segundo o documento da Directiva Européia de Aterro – 1999/31/CE, por tratamento entende-se uma série de processos físicos, químicos, biológicos e térmicos, incluindo a triagem, que modifica as características do resíduo com objetivo de reduzir seu volume ou periculosidade, facilitar seu manejo ou aumentar sua recuperação (UNIÃO EUROPÉIA, 1999).

No livro “Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado” (JARDIM, 1995) é dado destaque à segregação dos materiais recicláveis e são descritos os principais tratamentos: reciclagem, compostagem de matéria orgânica e incineração. Esses tipos de tratamento são os mais conhecidos para os resíduos domiciliares.



Figuras 3.16 e 3.17 – Locais de triagem de recicláveis – Esperança – Paraíba e Campinas – São Paulo

Fotos: Claudia Ruberg; Alexandre Aguiar.



Figuras 3.18 e 3.19 – Fardos de materiais recicláveis
Fotos: Claudia Ruberg; VALORSUL, 2004b.



Figuras 3.20 e 3.21 – Usinas de compostagem – São José dos Campos – São Paulo e João Pessoa – Paraíba
Fotos: Claudia Ruberg.



Figuras 3.22 e 3.23 – Incineradores de resíduos sólidos urbanos
Fotos: WASTE [...], jan.-fev., 2003.

Ainda há tecnologias de tratamento que não foram amplamente estudadas e utilizadas ou têm uso restrito para resíduos específicos, como a compactação e retirada dos líquidos do resíduo, a queima por plasma e a conversão térmica.

No caso dos resíduos de serviço de saúde, em geral adota-se a incineração, esterilização em autoclave, em microondas ou a desativação eletrotérmica (existente em São Paulo).

Parte dos resíduos da construção civil pode ser triturada e utilizada como agregado em argamassa, na fabricação de blocos ou como sub-base de pavimentação de vias.

Num tratamento como a reciclagem, há redução do volume de resíduos a ser disposto no aterro, pois parte dos resíduos é desviada para reaproveitamento. Em consequência, a vida útil do aterro aumenta.

Em outros casos, como o da esterilização de resíduos infectantes, não ocorre redução significativa de peso ou volume de resíduos.

3.1.5 Disposição final

Historicamente a disposição final é considerada o fim do gerenciamento dos resíduos, a etapa que encerra o problema (TAMMEMAGI, 1999). Regra geral os resíduos são confinados no solo. Porém há países, como o Japão, que, principalmente por falta de espaço, optaram por dispor parte dos resíduos, devidamente embalados, no mar. Outro exemplo de disposição é o uso de minas desativadas, subterrâneas ou não, encontradas em pequenas quantidades nos EUA e na Alemanha, conforme cita Tammemagi (1999).

Atualmente, no Brasil, as principais disposições finais atualmente são: o “lixão”, o aterro controlado e o aterro sanitário.

O “lixão” é um vazadouro a céu aberto e, por ser apenas um depósito, os gases e líquidos gerados a partir dos processos de degradação da matéria orgânica contaminam o ar, o solo e a água. Além dos impactos ambientais, em geral, há pessoas que sobrevivem, em condições subumanas, da retirada de restos de alimentos e materiais presentes nos resíduos.



Figura 3.24 – “Lixão” – João Pessoa – Paraíba
Foto: Dirceu Tortorello.

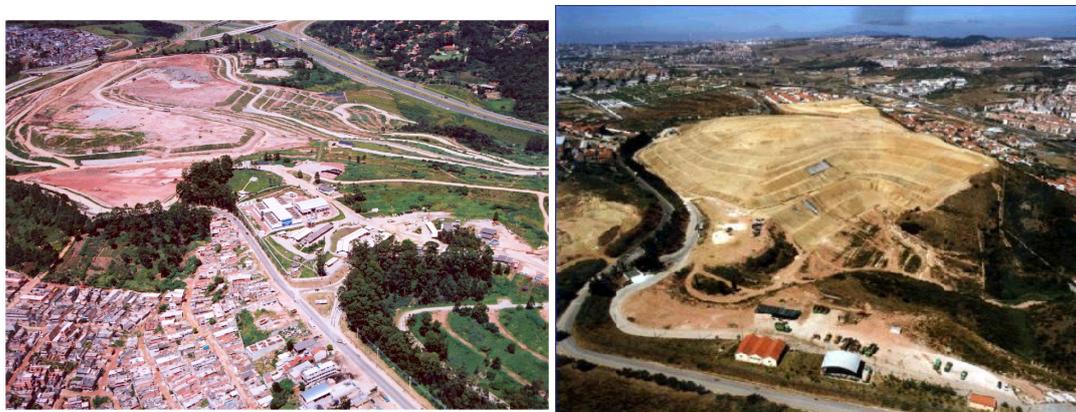
O aterro controlado, apesar de ser dotado de alguns mecanismos de proteção, como a cobertura diária com material inerte, também apresenta características inadequadas em termos ambientais, sociais ou de saúde pública.

O aterro sanitário tem sua base impermeabilizada, com mecanismos de coleta dos líquidos (chorume⁶) e gases gerados, a cobertura dos resíduos com material inerte é feita diariamente, o que impede a proliferação de insetos, e há ainda o controle de pessoal na área, não permitindo a presença de catadores.



Figuras 3.25 e 3.26 – Aterros sanitários – São Paulo e São José dos Campos – São Paulo
Fotos: Claudia Ruberg.

Os locais de disposição final ocupam grandes áreas para poder receber os resíduos gerados por um longo período de tempo, um mínimo de 10 anos de vida útil de operação (JARDIM, 1995).



Figuras 3.27 e 3.28 – Aterros sanitários – imagens aéreas – São Paulo e Lisboa – Portugal
Fotos: FIALHO, 2003; VALORSUL, 2004b.

Quanto maior a cidade e, conseqüentemente, maior a quantidade de resíduos gerados, maiores são os espaços necessários para disposição dos resíduos sólidos, salvo quando há o emprego de mecanismos de redução significativa do volume de resíduos a serem aterrados.

No município de São Paulo, por exemplo, uma das áreas de disposição final dos resíduos ocupa um terreno de 140 hectares, onde há locais que chegam a ter uma altura de 110 metros acima do solo natural.

⁶ Chorume – líquido fétido resultante da degradação anaeróbia da matéria orgânica presente nos resíduos. É inúmeras vezes mais poluente que o esgoto doméstico.

O maior aterro do mundo, *Fresh Kills*, em Nova Iorque, desativado em 2001, possui uma área de 1.200 hectares, mais de 70 milhões de metros cúbicos de resíduos e altura de 150 metros. Segundo Tammemagi (1999) o volume aterrado é 25 vezes maior que a maior pirâmide de Gizé.

3.2 MINIMIZAÇÃO DA GERAÇÃO

O melhor seria não gerar resíduo. Sem os resíduos não seria necessária toda a estrutura de gerenciamento e não haveria riscos de poluição e degradação do meio ambiente. Todavia, a geração de resíduos é inerente a todo processo, seja ele industrial ou referente às atividades diárias do homem.

A opção está em minimizar a geração e/ou a disposição dos resíduos e, por conseguinte, preservar os recursos naturais, diminuir os impactos no meio ambiente e conservar energia, entre outros benefícios.

Essa minimização pode ser obtida através da redução da geração do resíduo, ou seja, quando se impede que haja rejeito no processo. Os exemplos mais comuns referem-se às embalagens: compra de produtos a granel ao invés de pequenas porções do produto embaladas; a recusa por excesso de sacolas no supermercado também é vista como um exemplo a ser seguido. Na França, é famoso o fato do pão ser vendido sem embalagem.

Outro meio de minimizar a geração do resíduo é através da reutilização dos materiais, ampliando sua vida útil em pouco ou muito tempo: potes de vidro e de plástico sendo reutilizados para acondicionar alimentos e miudezas; a utilização de ambos os lados da folha de papel; a transformação de papéis, garrafas plásticas em obras de arte, bijuteria, enfeites natalinos, entre outros.

Quando as opções anteriores já tiverem sido utilizadas, há ainda a reciclagem, ou outro tratamento, como meio de minimizar a quantidade de resíduos enviada ao aterro. A reciclagem está sendo considerada como um mecanismo de redução do volume de resíduos enviado ao aterro, uma vez que o resíduo já foi gerado. O assunto será discutido em capítulo específico.

Além dos Estados Unidos, diversos países europeus têm elaborado legislação específica contendo metas de redução de resíduos gerados *per capita*. Diversas comunidades norte-americanas, por exemplo, fizeram regulamentos de reciclagem cujas metas poderão ser atingidas através da implementação dos “3Rs”: Redução (10%), Reuso (15%), e Reciclagem (25%) (TAMMEMAGI, 1999).

Existe uma consciência da importância da minimização da geração de resíduos, porém esse objetivo só será alcançado com o efetivo engajamento da população, além de medidas e regulamentos que estimulem, disciplinem e até penalizem determinadas atividades e atitudes que resultem na geração de resíduos.

Na presente pesquisa são apresentadas e discutidas as possibilidades de gerenciamento dos resíduos já gerados, ou seja, como proceder para tratar e dispor os resíduos domiciliares atualmente coletados pelo sistema público do município de São Paulo.

Para obter a redução da geração é necessário que a população mude suas atitudes; isto somente pode ser alcançado após longo e constante processo de conscientização ambiental, ou seja, através de atividades educacionais que não podem, nem pretendem ser contempladas pela atual pesquisa de doutorado em arquitetura e urbanismo. Não é considerada essa mudança comportamental como premissa para as propostas delineadas ao final da tese.

Objetiva-se sim, enquanto planejador urbano, ser responsável pela proposição de uma alternativa de gerenciamento dos resíduos para a situação encontrada no município de São Paulo.

