



Acta Scientiarum. Technology

ISSN: 1806-2563

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá  
Brasil

Nagashima, Lucila Akiko; Júnior, Carlos de Barros; de Andrade, Cíntia Cristiane; da Silva, Ecrison  
Tenório; Hoshika, Carolina  
Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos - uma proposta para o município de Paranavaí, Estado  
do Paraná, Brasil  
Acta Scientiarum. Technology, vol. 33, núm. 1, 2011, pp. 39-47  
Universidade Estadual de Maringá  
Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226530013>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica  
Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal  
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

# Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos – uma proposta para o município de Paranavaí, Estado do Paraná, Brasil

Lucila Akiko Nagashima<sup>1\*</sup>, Carlos de Barros Júnior<sup>1</sup>, Cíntia Cristiane de Andrade<sup>2</sup>, Ecrison Tenório da Silva<sup>2</sup> e Carolina Hoshika<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil.

<sup>2</sup>Curso de Graduação em Ciências, Faculdade Estadual de Educação, Ciências e Letras de Paranavaí, Paranavaí, Paraná, Brasil.

\*Autor para correspondência. E-mail: lucilanagashima@uol.com.br

**RESUMO.** Buscar soluções para a problemática dos resíduos sólidos urbanos é um dos desafios enfrentados pelos gestores públicos municipais atualmente. Com o aumento da população e a sua migração para os centros urbanos nas últimas décadas, as dificuldades em relação ao gerenciamento desses resíduos se multiplicaram e se diversificaram. Neste contexto, o presente trabalho propõe um modelo de gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos para a cidade de Paranavaí, objetivando o uso racional quanto aos recursos naturais, a redução da quantidade de resíduos gerados, a sua valorização e a minimização dos riscos associados a sua eliminação. O modelo apresenta um sistema de gerenciamento integrado, composto por: coleta segregada, coleta seletiva, unidades de triagem, unidade de compostagem e aterro sanitário. O trabalho analisa, ainda, a situação em que se encontra o gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares, a característica dos resíduos gerados pela população paranavaense, bem como a quantidade de material reciclável coletado na cidade e a forma de operação do aterro sanitário, onde são dispostos aproximadamente 1.700 t mês<sup>-1</sup> de resíduos sólidos urbanos.

**Palavras-chave:** gestão de resíduos, resíduos sólidos urbanos, caracterização dos resíduos sólidos domiciliares, aterro sanitário.

**ABSTRACT.** *Integrated management of urban solid waste – a proposal for Paranavaí, Paraná State, Brazil.* The search for solutions in the urban solid waste problem is one of the challenges city public management currently faces. With population growth and migration to urban areas in the last decade, difficulties in managing this waste have increased and diversified. In this context, this work proposes an integrated management of urban solid waste for the city of Paranavaí, aiming at rational use of natural resources, decreasing the amount of generated waste, waste valorization and minimizing the risks associated with its elimination. The model presents an integrated management system, consisting of segregate collection, selective collection, selection units, composting units, and sanitary landfill. It also analyzes how household solid waste has been managed, the characteristics of waste generated by the population of Paranavaí, as well as the amount of recyclable material collected in the city and the way the sanitary landfill is operated, where approximately 1,700 tons of urban solid waste are deposited monthly.

**Keywords:** integrated administration, urban solid waste, characterization of solid residues, sanitary landfill.

## Introdução

A história dos resíduos sólidos parece se confundir com a própria história da civilização e do homem urbano. A partir do momento em que os homens deixaram de ser nômades e começaram a se estabelecer “em determinados locais, preferindo se fixar, novas situações em relação aos resíduos sólidos produzidos pela atividade humana foram criadas pela alteração introduzida em seus hábitos de vida” (PHILIPPI JÚNIOR, 1979, p. 45).

Pouco se conhece sobre o que as civilizações fizeram com seus rejeitos durante os diferentes

períodos da história. Mas afirma-se que as cidades fediam na Idade Média, os restos e os dejetos eram jogados em lugares distantes onde pudessem sujar, cheirar mal e provocar doenças. Menciona-se, também, que “na história antiga além da prática do lançamento de resíduos a céus abertos e em cursos d’água, enterrava-se e usava-se o fogo para a destruição de restos inaproveitáveis” (BROLLO; SILVA, 2001, p. 1). Somente em meados do século XIX, com o surgimento de novas tecnologias trazidas pela civilização industrial, é que começaram a se destacar os problemas dos resíduos sólidos, dentro do contexto ambiental (PHILIPPI JÚNIOR, 2001). E no contexto

dos problemas da sociedade contemporânea, a humanidade defronta continuamente com a problemática dos resíduos sólidos e, particularmente nos países capitalistas, “onde o consumo é incentivado a cada momento, os padrões de desenvolvimento são impostos para uma sociedade consumista e inconsequente”, afirma Sato (1999, p. 62).

Os resíduos sólidos ocuparam, por muito tempo, posição secundária no debate sobre saneamento, quando comparados às iniciativas no campo da água e esgotamento sanitário. Na década de 1970, o Plano Nacional de Saneamento, denominado Planasa, enfatizou a ampliação dos serviços de abastecimento de água e de coleta de esgoto doméstico em detrimento de investimentos em resíduos sólidos (DEMAJOROVIC et al., 2005).

A não-priorização da questão dos resíduos sólidos contribuiu para a proliferação de ‘lixões’ nas décadas de 1970 e 1980, paralelamente ao intenso processo de urbanização vivido pelo país. Em meados da década de 1980, porém, o agravamento dos problemas socioambientais decorrentes da destinação inadequada de resíduos sólidos estimulou a integração dessa temática nos debates sobre saneamento no país (DEMAJOROVIC et al., 2005). Um dos marcos foi a criação do Prosanear, em 1985, privilegiando uma visão integrada do saneamento e tendo como objetivo financiar ações conjuntas em relação à água, ao esgoto doméstico, à drenagem urbana e aos resíduos sólidos. Tratava-se de um avanço significativo, uma vez que os resíduos sólidos passavam a ser incluídos, pela primeira vez, em uma linha de financiamento (SERRANO, 2001). E assim, a valorização da questão dos resíduos sólidos contribuiu para que, no ano de 1990, o conceito de saneamento se ampliasse, passando a ser denominado saneamento ambiental (BROLLO; SILVA, 2001; DEMAJOROVIC et al., 2005). No entanto, na prática, os recursos destinados aos resíduos sólidos cresceram muito pouco. Segundo Serrano (2001), no período de 1995 a 1999, foram investidos cerca de R\$ 3,4 bilhões em saneamento, e, deste total, apenas 1,9% foram destinados a programas de resíduos sólidos. Ressalta-se ainda que a maior parte dos recursos destinados aos resíduos sólidos se limitou a financiar programas de disposição final, indicando uma visão parcial dessa problemática na ótica federal (DEMAJOROVIC et al., 2005).

Para os municípios, a opção do governo federal representou grande entrave, pois, desde 1988, com a promulgação da nova Constituição, é de responsabilidade exclusiva dos municípios o gerenciamento dos resíduos sólidos. No entanto, se a competência para operação dos serviços foi descentralizada, a distribuição de recursos não acompanhou os mesmos passos e continuou

controlada pelo governo federal, afirmam Demajorovic et al. (2005). Além disso, os recursos da União disponíveis para o financiamento de programas de saneamento foram reduzidos na década de 1990. Este quadro apresenta enormes desafios para os municípios no campo dos resíduos sólidos, pois, ao mesmo tempo que os recursos para financiamento foram significativamente reduzidos, a necessidade de investimentos para a ampliação dos serviços de coleta, transporte e construção de novas instalações de tratamento e destinação final aumentou progressivamente.

A ampliação dos serviços de gerenciamento de resíduos sólidos é uma característica do processo de urbanização, estando presente em praticamente todos os países. Entre 1979 e 1990, enquanto a população mundial aumentou em 18%, o lixo gerado no mesmo período cresceu 25% (DEMAJOROVIC et al., 2005). O aumento, na geração de resíduos sólidos urbanos em uma taxa superior ao crescimento populacional, faz com que, em centros urbanos, milhares de toneladas de lixo sejam despejadas diariamente nos lixões ou em aterros sanitários, encurtando sua vida útil.

Por conta de arrecadação insuficiente, incompetência administrativa, deficiências de planejamento estratégico, os municípios convivem com a inadimplência e com isso fica inviabilizada a ampliação da coleta e a gestão de resíduos sólidos urbanos, visando ao desenvolvimento sustentável (MUGNATO, 2004 apud DEMAJOROVIC et al., 2005). Nos pequenos e médios municípios, há o descumprimento dos serviços básicos, como a coleta do lixo, enquanto nos grandes municípios e regiões metropolitanas, acabam sendo negligenciadas áreas de difícil acesso, como periferias e bairros de baixa renda (BROLLO; SILVA, 2001). Além de não haver uma política nacional integrada, salvo honrosas exceções, o quadro geral de descontrole por parte dos municípios, em que impera a falta de informação sobre a quantidade de lixo gerada, variações sazonais, inventário sobre os tipos de resíduos gerados, variações de custos de coleta e de destinação final do lixo etc., têm dificultado a elaboração de um planejamento mínimo para o setor (BROLLO; SILVA, 2001).

O breve panorama sobre a situação brasileira aqui descrita se reflete também no município de Paranavaí que, inspirado em algumas iniciativas de soluções interessantes que permitem a otimização dos recursos, busca a possibilidade de minimizar os problemas dos resíduos sólidos. Neste contexto, o presente estudo visa oferecer algumas contribuições para o gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) da cidade de Paranavaí, que atualmente totaliza uma população de 79.110 habitantes (IPARDES, 2007) e gerou 20.430

toneladas de RSU, em 2007. Assim, o objetivo geral deste trabalho é apresentar um modelo de gestão integrada de RSU para a cidade de Paranavaí, Estado do Paraná, visando ao uso racional dos recursos naturais, à redução da quantidade de resíduos gerados, a sua valorização e à minimização dos riscos associados a sua eliminação.

### Material e métodos

Na pesquisa em questão, abordou-se a problemática da geração de resíduos sólidos domiciliares. Para tal, o trabalho foi conduzido em quatro etapas.

#### **Etapla 1: Caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos sólidos domiciliares**

A triagem e a caracterização dos Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD) foram efetuadas no aterro sanitário do município de Paranavaí, distante 15 km do centro da cidade. Os estudos foram desenvolvidos nos períodos de 7 a 15 de dezembro de 2005; 11 a 26 de janeiro de 2006 e 4 a 26 de julho de 2006, abrangendo, assim, as estações climáticas mais significativas da região. Os setores de coleta dos resíduos obedeceram às rotas previamente definidas pela empresa responsável pela coleta de lixo urbano na cidade de Paranavaí, acompanhando o zoneamento elaborado pelo município. Os setores de coleta das amostras compreendem a zona urbana propriamente dita, subdividida em nove zonas reconhecidas como bairros, jardins e loteamentos. Os quatro distritos que compõem o município de Paranavaí também foram selecionados para o presente estudo.

Os veículos coletores, ao chegarem ao aterro sanitário, foram pesados por uma balança de controle de chegada de resíduos e descarregados em um local previamente escolhido. A seguir, as amostras foram coletadas em oito tambores de 200 L cada, seguindo as orientações da ABNT (2004), que recomenda a retirada do material em três seções: do topo, do meio e da base da pilha. Tchobanoglous et al. (1993) preconizam que a carga de um caminhão recolhida ao longo de seu itinerário, durante um dia típico de coleta, é uma amostra representativa dos resíduos sólidos gerados nos domicílios.

O material foi despejado sobre uma lona plástica, rompendo-se, manualmente, os sacos plásticos acondicionadores de lixo; seguiu-se a etapa de quarteamento de forma a obter aproximadamente

100 kg da amostra. Cada tipo de resíduo foi acondicionado em um recipiente devidamente identificado e foi efetuada a triagem em: matéria orgânica, papel, papelão, plástico rígido, plástico maleável, embalagem de PET, metal ferroso, metal não-ferroso (alumínio), metal não-ferroso (exceto alumínio), vidro transparente, vidro colorido, madeira, embalagem de longa vida, borracha, couro, panos ou trapos, ossos, cerâmica, fraldas, isopor e outros materiais. Os componentes de cada grupo foram pesados para a determinação de sua porcentagem em relação ao peso da amostra. Repetiu-se, novamente, o ensaio para a descarga do caminhão coletor para os oito setores diferentes. Diariamente, efetuou-se a caracterização gravimétrica de dois caminhões coletores, e cada setor de coleta foi submetido a três caracterizações. Para a execução das atividades descritas, foi necessária a utilização dos seguintes materiais: (a) equipamentos de proteção individual (luvas, botas, máscaras, avental), para proteção dos trabalhadores; (b) lonas, para confinamento dos resíduos, impedindo perdas de material e contaminação das amostras; (c) enxadas e rastelos, para separar e revolver o material, e facões, empregados para rompimento dos sacos plásticos acondicionadores de lixo; (d) tambores, latas e pás, para coleta e triagem das amostras e (e) balança de 200 kg.

Para avaliação da massa específica, primeiramente, determinou-se o peso dos tambores vazios, com capacidade de 200 L. O tambor foi completado com os resíduos, sem fazer pressão, e efetuou-se nova pesagem. Pela diferença das duas pesagens, obteve-se a massa líquida dos RSD contida em 200 L. Determinou-se a massa específica por meio da razão entre a massa e o volume ocupado pelos RSD.

#### **Etapla 2: Coleta seletiva**

Para determinar a quantidade de material reciclável coletado no município de Paranavaí, Estado do Paraná, elaborou-se um formulário que foi preenchido: pelo Coordenador da Cooperativa de Resíduos Recicláveis de Paranavaí - Coopervai, que efetua a triagem de todo o resíduo coletado informalmente pelos catadores de rua (casa a casa), por proprietários de sucateiros e outros empreendimentos privados interessados na comercialização de resíduos sólidos recicláveis.

#### **Etapla 3: Avaliação do aterro sanitário**

Foram utilizados procedimentos de observação direta, com visitas sistemáticas à localidade, a fim de verificar *in loco* as características do local, a infraestrutura implantada e as condições de operação do aterro sanitário.

#### **Etapla 4: Proposta de modelo de gestão integrada dos RSU para a cidade de Paranavaí**

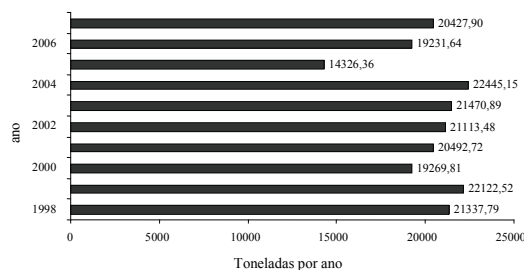
Com os dados alcançados na presente pesquisa, com as informações obtidas junto à Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente sobre o gerenciamento de RSU e, também, por meio dos estudos comparativos dos modelos apresentados na literatura, elaborou-se uma proposta de gestão de RSU para a cidade de Paranavaí que visa à redução da quantidade de resíduos gerados, sua valorização e sua disposição adequada, obedecendo aos preceitos de desenvolvimento sustentável.

### **Resultados e discussão**

#### **Etapla 1: Caracterização quali-quantitativa dos resíduos sólidos domiciliares**

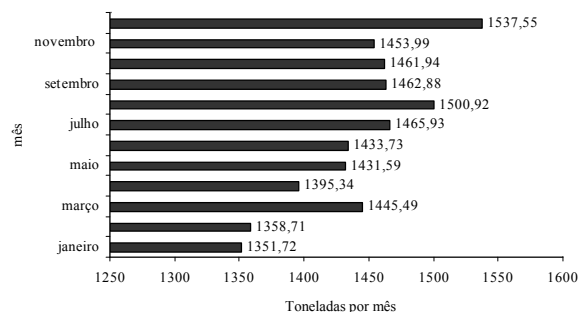
A execução das atividades de coleta dos resíduos domiciliares passou a ser executada pela empresa contratada a partir de 1998. A coleta é realizada de segunda a sábado, em dias alternados, em todos os setores, exceto na região central, cuja coleta é diária em virtude de o local apresentar característica especial: corresponder à zona comercial da cidade, onde há predominância de lanchonetes, bancos, restaurantes, comércios etc. e maior aglomeração da população no período diurno.

A Figura 1 apresenta a geração de RSD no período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007. Observa-se que não há regularidade na produção dos resíduos pela população da cidade. No período 2004 a 2005, a geração de resíduos decresceu abruptamente, acarretando diferença de 8.118,79 toneladas. Certamente, essa diferença está atrelada a alguns fatores: a interrupção do serviço de coleta pela empresa contratada culminou numa operação de emergência que foi executada pela administração pública, sem mão-de-obra-qualificada e sem a infraestrutura necessária. Assim, a frequência da coleta tornou-se irregular, as pesagens não foram executadas adequadamente e a insatisfação popular levou ao descrédito desse instrumento. Diante da situação, o Poder Público agilizou a contratação emergencial de uma nova empresa especializada na execução do serviço de coleta de RSD, a partir de março de 2005. Transcorrido esse período de agitação e de reorganização do gerenciamento de RSD no município, alguns fatos somaram-se para a retomada do serviço de coleta de lixo: a construção da nova célula para a disposição dos RSD, a operação regular do aterro sanitário e uma campanha pela mídia sobre a segregação adequada dos resíduos na origem.



**Figura 1.** Evolução da geração de RSD.

A Figura 2 apresenta a geração média mensal de RSD no período de janeiro de 1998 a dezembro de 2007. Esta indica que o lixo gerado certamente está atrelado aos hábitos da população e aos fatores sazonais, pois se percebe uma geração maior de resíduos no mês de dezembro, período em que há maior consumo. “Os resíduos produzidos nesta época refletem as compras de presentes natalinos, maior consumo de bebidas e alimentos, entre outros” (ANGELIS NETO, 1999, p. 93).



**Figura 2.** Geração média mensal de RSD (1998 – 2007).

A geração per capita representa a massa de resíduos sólidos produzida por uma pessoa ao longo de uma determinada unidade de tempo. Nos últimos oito anos, o município de Paranavaí apresentou a geração per capita ilustrada na Tabela 1.

**Tabela 1.** Geração per capita (período 2000 – 2007).

Ano	kg hab. <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup>	kg hab. <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup>
2000	21,199	0,707
2001	22,403	0,747
2002	21,842	0,728
2003	23,178	0,773
2004	23,931	0,798
2005	18,210	0,607
2006	19,785	0,659
2007	21,520	0,717
Média	21,508	0,717

Na Tabela 2 são apresentados os índices de geração per capita de alguns municípios paranaenses para efetuar uma comparação com o município de Paranavaí. Verifica-se que há diferenças quanto à geração per capita entre os municípios paranaenses.

Ramos (2005) observa que esse índice é uma função do nível socioeconômico da população, da infraestrutura, da cobertura e da qualidade do serviço e da coleta. O município de Paranavaí apresenta uma geração média per capita consideravelmente elevada em relação aos municípios paranaenses, listados na Tabela 2. Porém o Plano Nacional de Saneamento Básico (IBGE, 2002) indica que a geração média nacional per capita atinge o valor de  $0,74 \text{ kg hab.}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ , valor semelhante ao resultado obtido no município pesquisado.

**Tabela 2.** Geração per capita de alguns municípios paranaenses.

Município	Ano da pesquisa	População (habitantes)	Geração per capita ( $\text{kg hab.}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ )
Campo Mourão <sup>1</sup>	2000	80.182	0,670
Maringá <sup>2</sup>	2002	289.000	0,840
Cianorte <sup>3</sup>	2003	49.644	0,475
Toledo <sup>3</sup>	2003	85.920	0,475
Ivaiporã <sup>3</sup>	2003	25.889	0,540
Cascavel <sup>3</sup>	2004	228.673	0,700
Paranaguá <sup>3</sup>	2003	122.247	0,550

Fontes: (1) Cardoso (2004), (2) Barros Júnior (2002), (3) Ramos (2005).

A composição gravimétrica em base úmida dos RSD, incluindo também o resíduo comercial, está listada na Tabela 3.

**Tabela 3.** Composição gravimétrica dos RSD de Paranavaí, Estado do Paraná.

Componentes	%	características
Matéria orgânica	40,21	Matéria orgânica 40,21%
Papel	12,97	Materiais potencialmente recicláveis 44,1%
Papelão	3,42	
Plástico rígido	2,79	
Plástico maleável	11,37	
PET	2,20	
Metal não-ferroso	1,53	
Metal ferroso	2,39	
Alumínio	1,10	
Vidro transparente	2,70	
Vidro colorido	2,31	
Embalagem longa vida	1,32	Rejeitos 15,69%
Madeira	0,88	
Borracha	1,40	
Couro	1,54	
Panos/trapos	5,82	
Ossos	0,61	
Cerâmica	1,70	
Fraldas	2,40	
Isopor	0,31	
Outros	1,03	
Total	100	100%

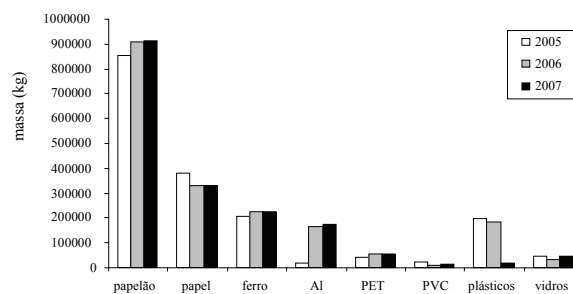
Observa-se que a maior proporção dos RSD dispostos no aterro sanitário é composta de material orgânico, seguida imediatamente de papel, plástico maleável e panos ou trapos. A massa específica média obtida para os RSD foi de  $201,83 \text{ kg m}^{-3}$ , similar ao valor encontrado por Barros Júnior (2002), na cidade Maringá, Estado do Paraná ( $200,70 \text{ kg m}^{-3}$ ). Já Obladen (2005) encontrou uma média de  $268,50 \text{ kg m}^{-3}$  para o lixo urbano da cidade de Araucária, Estado do Paraná, valor bem superior ao da nossa

pesquisa. Para Silveira (2004), o principal fator de influência na massa específica é a composição dos resíduos, porém ela também irá depender da compactação ou não dos resíduos, do grau de decomposição do lixo e dos fatores ambientais.

## Etapa 2: Coleta seletiva

A coleta seletiva, que representa o sistema utilizado para realizar o recolhimento de materiais recicláveis, é realizada de porta em porta por meio de ‘catadores’ de rua. A Figura 3 ilustra o total de material reciclável recolhido nos anos de 2005, 2006 e 2007, pelos ‘catadores’; este material foi encaminhado à Cooperativa de Resíduos Recicláveis de Paranavaí - Coopervai, para a triagem e futura comercialização, e também aos sucateiros existentes na cidade.

Pela Figura 3, observa-se que papelão, papel, plásticos e alumínio foram os materiais mais recolhidos na cidade em 2005, 2006 e 2007, totalizando 5.449,95 toneladas de componentes recicláveis, sendo de 9,17% o percentual de material desviado do aterro sanitário nos três anos.



**Figura 3.** Material reciclável coletado nos anos de 2005, 2006 e 2007.

## Etapa 3: Avaliação do aterro sanitário

Buscando um procedimento adequado para o destino final dos resíduos sólidos domiciliares, em 2002, surgiu na cidade de Paranavaí, em uma área de  $121.000 \text{ m}^2$ , o aterro sanitário municipal por meio do convênio nº 84/99 - Suderhsa celebrado entre o município de Paranavaí e a Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e de Saneamento Ambiental - Suderhsa, vinculada à Secretaria de Meio Ambiente (SEMA). O convênio estabeleceu que competia ao Município, após a implementação, a responsabilidade pela operação do aterro sanitário dentro das normas vigentes, assumindo o compromisso de, após a conclusão das obras, mantê-lo em perfeitas condições de conservação e funcionamento.

No entanto, pela ausência de políticas permanentes de saneamento por parte da Prefeitura do Município, o

aterro foi operado de forma deficitária, transformando-se num depósito de lixo a céu aberto, com potencial poluidor para a atmosfera com a geração de biogás e particulados, e também com o surgimento e proliferação inadequada de animais, potenciais vetores de transmissão de doenças. Esse quadro só começou a ser revertido em 2005, quando o órgão público municipal decidiu assumir a responsabilidade de recuperar a área degradada pela disposição de resíduos, garantindo a operação regular do aterro, em conformidade com as normas técnicas e a legislação vigente. Em princípio de 2005, uma empresa foi contratada para efetivar a readequação do projeto original do aterro sanitário, visando à reorganização das células para a perfeita disposição dos resíduos.

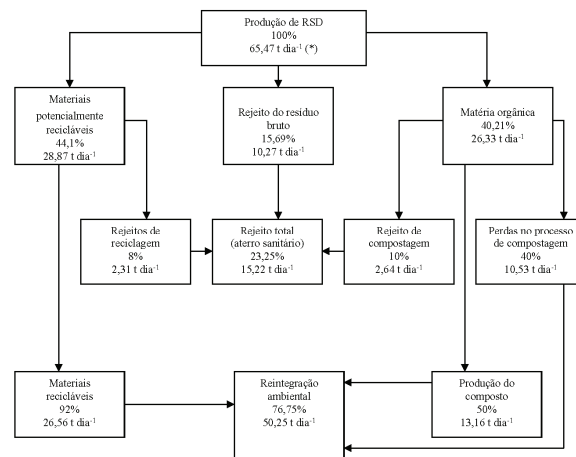
Para o tratamento de líquidos percolados, foi implantado um sistema integrado e sequencial de estabilização por processos naturais, baseado na digestão anaeróbia e facultativa, com polimento em nível terciário para remoção dos subprodutos inorgânicos.

#### **Etapas 4: Proposta de modelo de gestão dos RSU para a cidade de Paranavaí**

A gestão de resíduos sólidos é uma atividade referente à tomada de decisões em relação aos aspectos institucionais, administrativos, operacionais, financeiros e ambientais, ou seja, uma organização do setor para esse fim, envolvendo políticas, instrumentos e meios. Gerenciar os resíduos de forma integrada representa um conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que uma administração desenvolve, apoiada em critérios sanitários, ambientais e econômicos, para as atividades de coleta, tratamento e disposição dos resíduos do município. Assim, o modelo de gestão de resíduos sólido urbano proposto para a cidade de Paranavaí foi estruturado tendo o aterro sanitário como forma de disposição final, uma vez que o sistema já está em operação desde 2002, na Rodovia PR-158, km 112, 5X. O modelo apresentado busca priorizar a redução de volume de resíduos desde o início do processo produtivo e em todas as fases da cadeia, o reaproveitamento, a reciclagem e a compostagem, o que permitirá diminuição dos rejeitos a serem aterrados. Assim, prioriza-se o uso de tecnologias limpas, tendo por meta a redução do fluxo de resíduos em sua fonte de origem. Com essa sistemática, segundo Reichert e Campari (2000) apud Barros Júnior (2003), abandona-se a lógica de misturar tudo para depois pensar na remediação dos resíduos gerados, prática conhecida no campo dos efluentes como 'política de final de tubo'.

A Figura 4 apresenta o balanço de massa dos resíduos sólidos domiciliares provenientes apenas da

coleta convencional. Observa-se que, do total de RSD coletado diariamente, com a implantação da coleta diferenciada, aproximadamente 23% seriam encaminhados ao aterro sanitário e os outros 77% seriam reintegrados ao ambiente.



**Figura 4.** Balanço de massa dos RSD da cidade de Paranavaí (\*) base de cálculo referente à média diária de 2007.

Apesar de a pesquisa apresentar somente um enfoque sobre a situação atual dos resíduos sólidos domiciliares, a Figura 5 apresenta um fluxograma para o desenvolvimento de gestão de resíduos de forma sustentável que tem por partida as grandes geradoras, por exemplo: a fração orgânica proveniente das feiras livres, dos supermercados e da poda (produtos em potencial); a fração seca proveniente do comércio e de órgãos públicos; os resíduos de serviços de saúde e o entulho.

Assim, a seguir, discutem-se os elementos do sistema organizacional da geração, coleta e tratamento do modelo apresentado.

#### **Coleta diferenciada**

Um dos fatores fundamentais no sucesso de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos é a existência de programas de coleta diferenciada como a “coleta segregada”, que consiste na separação por tipo de material no momento da geração, e a “coleta seletiva”, utilizada para denominar a coleta de materiais recicláveis. Segundo Barros Júnior (2003, p. 21) “a coleta segregada encarece o sistema de recolhimento dos resíduos, uma vez que os resíduos não são mais coletados todos juntos, motivando a passagem de outro veículo de coleta por um mesmo roteiro.” Apesar disso, o autor comenta que as vantagens estão no potencial muito elevado de reaproveitamento e de reciclagem dos materiais assim coletados.

Dependendo da estratégia do processo de coleta seletiva de materiais recicláveis, há várias formas de recolhimento, quais sejam: (a) coleta seletiva com



entrega voluntária; (b) coleta seletiva porta a porta; (c) coleta seletiva realizada por catadores autônomos; e (e) coleta seletiva com destinação do resíduo coletado à associação/cooperativa de classificadores.

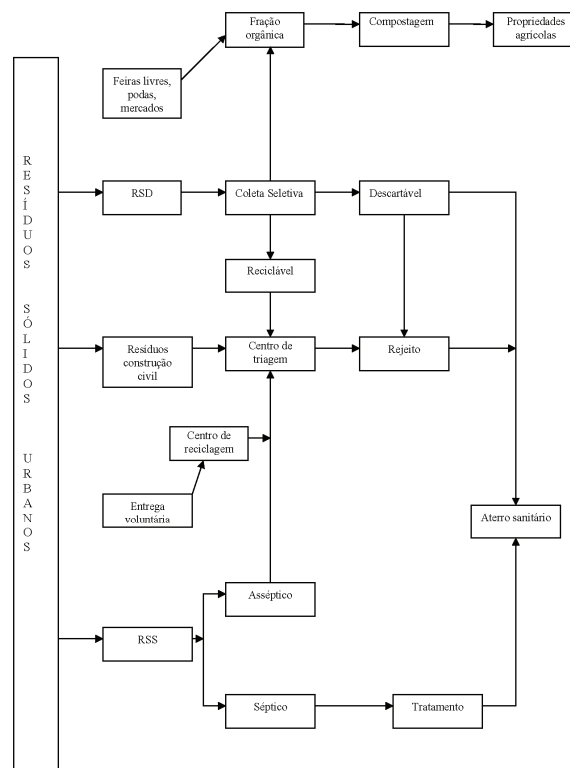
Qualquer que seja o modelo adotado para o município de Paranavaí, a garantia da eficiência está associada a três componentes: (1) conscientização e motivação da comunidade participante; (2) implantação de uma estrutura operacional compatível com o desenvolvimento das atividades de coleta, triagem e comercialização, em função do quantitativo de resíduos coletados e a eficiência na recuperação de material reciclável pretendida; e (3) mudanças de hábitos e costumes da população. Assim, segundo Abreu et al. (2000) apud Barros Júnior (2003), para o sucesso do sistema, deve-se buscar a ampliação e a otimização dos programas de reciclagem por meio de participação social e formação de parcerias (escolas, comunidades religiosas, clubes, condomínios, conjuntos habitacionais, universidades, entre outras) e campanhas educativas (investir em publicidade de massa como TV, outdoor e jornais).

#### Centros de triagem/unidades de triagem

São locais apropriados que recebem os materiais provenientes da coleta seletiva. Nestes centros, os trabalhadores, organizados em associações ou cooperativas, têm a tarefa de separar, classificar e prensar os materiais para a comercialização. Esses trabalhadores não têm vínculo empregatício com a municipalidade e recebem os seus salários exclusivamente da comercialização dos produtos recicláveis.

A chave do sucesso do processo de recuperação de material reciclável passa pela implantação de mecanismos e procedimentos mais avançados na comercialização do material reciclável recuperado. Desse modo, importante estratégia na comercialização desses produtos é a venda em conjunto, por meio de uma central única, de forma a eliminar o intermediário, ou seja, a comercialização efetuada diretamente com as indústrias de reciclagem (BARROS JÚNIOR, 2003). Outra importante estratégia é a descentralização e a ampliação das unidades de triagem em outros pontos da cidade, visando, além da significativa redução de custos de transporte, à ampliação da participação da comunidade nas várias etapas do sistema de coleta seletiva.

Assim, segundo as sugestões de Reichert e Campari (2000) apud Barros Júnior (2002), é necessária a construção ou o aluguel desses centros pela administração pública, colocados à disposição das cooperativas ou associações em regime de comodato.



**Figura 5.** Fluxograma da proposta de modelo de gestão de RSU para a cidade de Paranavaí, Estado do Paraná.

Em cada unidade descentralizada, deverá ser instalado um container para o recebimento de materiais descartáveis que serão encaminhados ao aterro sanitário. É importante que o poder público ofereça apoio institucional na área social, como a implantação de programas de recuperação de dependentes químicos, programas de educação ambiental e biossegurança, cujas ações devem ser empreendidas como forma de auxílio aos trabalhadores.

#### Unidade de compostagem

É outro componente importante na estratégia alternativa de tratamento, cujo processo tem como resultado final um produto que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características, sem ocasionar riscos ao ambiente. Conforme a Tabela 3, mais de 40% do resíduo sólido domiciliar da cidade de Paranavaí é constituída de parcela orgânica facilmente putrescível, que gera lixiviado (chorume) que necessita de tratamento. Porém, se essa parcela de material orgânico for submetida a um processo de compostagem, transforma-se, em 120 dias, em compostos que são excelentes condicionadores de solo (Mello, 2002). Para se obter um produto de boa qualidade, é altamente desejável que a unidade receba o material para compostagem totalmente segregado, isento de pilhas, baterias, lâmpadas fluorescentes, resíduos de tintas, de indústrias e de serviços de saúde, para evitar o



comprometimento do produto final, principalmente pela elevação da concentração de metais pesados. Como é utópico pensar nessa alternativa, as unidades de compostagem são precedidas de centros de triagem, onde se faz a retirada de materiais recicláveis, não-compostáveis e perigosos presentes nos resíduos ocasionalmente.

Nesta unidade, além da parcela orgânica coletada de forma segregada dos resíduos domiciliares, poderão ser incorporados também restos de poda, capina, roçagem e resíduos de características eminentemente orgânicas. O material orgânico deverá ser disposto em leiras de forma a mantê-las paralelas e espaçadas entre si para o revolvimento mecânico e periódico, que permite a aeração para o desenvolvimento do processo de decomposição biológica. As leiras devem ser mantidas com o comprimento na direção da declividade do pátio para evitar que a própria leira impeça o livre escoamento da água (BARROS JÚNIOR, 2003).

Esse resíduo orgânico, precedido de centro de triagem e tratado pelo processo de compostagem, “pode ser considerado isento de contaminantes, portanto, o lixiviado terá altas concentrações de macro e micronutrientes, podendo ser tratado por recirculação ou diluindo-se com parte da água de irrigação para as leiras que apresentarem baixos teores de umidade” (BARROS JÚNIOR, 2003, p. 21). O excedente do lixiviado deverá ser conduzido ao tanque coletor e, em seguida, para o sistema de tratamento, obrigatoriamente. O rejeito orgânico constitui-se de material presente na degradação microbiológica, que pode ser degradado com o tempo, e apresenta características interessantes para retornar ao pátio de compostagem, funcionando como um inoculante em novas leiras de compostagem (FERREIRA, 2001 apud BARROS JÚNIOR, 2002; BARREIRA et al., 2006).

## Conclusão

Os princípios que nortearam a elaboração da proposta de gestão de RSU para a cidade de Paranavaí podem ser identificados com as tendências mundiais atuais, cuja prioridade é a redução do volume desde o início do processo produtivo e em todas as etapas da cadeia produtiva.

Acredita-se que a implementação deste modelo de gestão pode ter como vantagens: geração de renda, economia de recursos naturais, preservação do meio ambiente, entre outros benefícios.

Além disso, a coleta diferenciada como parte de um conjunto de atuações preservacionistas, certamente constituirá um instrumento eficaz, que não pode ser desprezado nem pelos administradores, nem pelos ambientalistas.

## Referências

- ANGELIS NETO, G. **As deficiências nos instrumentos de gestão e os impactos ambientais causados por resíduos sólidos urbanos: o caso de Maringá/PR**. 1999. 258f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.007/2004**: amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
- BARREIRA, L. P.; PHILIPPI JÚNIOR, A.; RODRIGUES, M. S. Composting plants of São Paulo State: compost quality and production processes. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 385-393, 2006.
- BARROS JÚNIOR, C. **Os resíduos sólidos urbanos na cidade de Maringá – um modelo de gestão**. 2002. 198f. Tese (Doutorado em Engenharia Química – Desenvolvimento de Processos)-Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2002.
- BARROS JÚNIOR, C. Modelo de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos – estudo para o município de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 25, n. 1, p. 17-23, 2003.
- BROLLO, M. J.; SILVA, M. M. Política e Gestão Ambiental em resíduos sólidos: revisão e análise sobre a atual situação no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21., 2001, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: ABES, 2001. p. 1-27.
- CARDOSO, O. **Gestão dos resíduos sólidos urbanos do município de Campo Mourão/PR**. 2004. 105f. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2004.
- DEMAJOROVIC, J.; BESEN, G. R.; RATHSAM, A. A. **Os desafios da gestão compartilhada de resíduos sólidos face à lógica do mercado**. 2005. Disponível em: <<http://www.anpaspas.or.br>>. Acesso em: 13 jan. 2006.
- IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Plano nacional de saneamento básico**: população e indicadores sociais. Rio de Janeiro, 2002.
- IPARDES-Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Perfil municipal de Paranavaí**. 2007. Disponível em: <[http://www.ipardes.gov.br/perfil\\_municipal/MontaPerfil.php?Municipio=87700&btOK=ok](http://www.ipardes.gov.br/perfil_municipal/MontaPerfil.php?Municipio=87700&btOK=ok)> Acesso em: 8 out. 2007.
- MELLO, R. R. S. Gerenciamento integrado de resíduos sólidos: uma proposta inovadora. In: SEMINARIO DE LANZAMIENTO DE GRUPO DE TRABAJO DE CIUDADES, 1., 2002, Quito. **Anais...** Quito: IPES, 2002. p. 21-37.
- OBLADEN, N. **Aterro sanitário para resíduos sólidos urbanos**. Curitiba: Habitat Ecológico, 2005.
- PHILIPPI JÚNIOR, A. **Sistema de resíduos sólidos: coleta e transporte no meio urbano**. 1979. 186f. Dissertação (Mestrado)-Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

PHILIPPI JÚNIOR, A. Lixo e saneamento: 500 anos na região mais desenvolvida do país. In: SEMINÁRIO LIXO E CIDADANIA: REGIÃO DA GRANDE ABC, 1., 2001, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Consórcio Intermunicipal da região do grande ABC, 2001. p. 22-27.

RAMOS, S. I. P. **Sistematização técnico-organizacional de programas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos em municípios do Paraná.** 2005. 211f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídrico e Ambiental)-Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

SATO, M. Resíduos sólidos e educação ambiental. In: BIDONE, F. R. A. (Org.). **Metodologias e técnicas de minimização, reciclagem e reutilização de resíduos sólidos urbanos.** Rio de Janeiro: ABES, 1999. p. 58-64.

SERRANO, O. Lixo, dignidade e sustentabilidade socioeconômica. In: SEMINÁRIO LIXO E CIDADANIA: REGIÃO DA GRANDE ABC, 1., 2001, São Paulo. **Anais...**

São Paulo: Consórcio Intermunicipal da região do grande ABC, 2001. p. 34-40.

SILVEIRA, A. M. M. **Estudo do peso específico de resíduos sólidos urbanos.** 2004. 112f. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

TCHOBANOGLOUS, G.; THEISEN, H.; VIGIL, S. A. **Integrated solid waste management – engineering principles and management issues.** Nova York: McGraw-Hill, 1993.

*Received on March 13, 2008.*

*Accepted on February 11, 2009.*

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.