



Metodologia alternativa para determinação da geração per capita de resíduos sólidos em municípios de pequeno porte

Ana Carolina Mendes Ussier¹, Sérgio Henrique de Souza Motta², Mariana Machado Bastos³, Aline de Borgia Jardim⁴, Eliana Medeiros Ferreira da Silva⁵

^{1,2,3,4,5} GETESI (carol.ussier@gmail.com)¹, (shmotta@gmail.com)², (mariana.mbastos@gmail.com)³, (liborgiajardim@gmail.com)⁴, (elianaengland@gmail.com)⁵

Resumo

A caracterização dos resíduos sólidos gerados no município é essencial para um bom gerenciamento municipal. Diversos são os parâmetros que podem auxiliar nessa caracterização como, por exemplo, a geração per capita de resíduos sólidos que relaciona a quantidade de resíduos gerada diariamente com o número de habitantes. Este é um indicador fundamental para o planejamento e dimensionamento de todas as unidades que compõem o Sistema Municipal de Gerenciamento de Resíduos. Neste artigo, foi estudado o caso de Dourado (SP) que possui 8568 habitantes. Foi aplicada uma metodologia alternativa para determinação da geração per capita, recomendada para municípios de pequeno porte. Esta metodologia teve como base o levantamento de dados com a população, adotando-se uma parcela amostral. Entrevistaram-se 63 pessoas, distribuídas em seis setores diferentes do município, abrangendo toda a área urbana. A partir da comparação do resultado obtido com dados encontrados no SNIS (2011) e informações da Prefeitura, foi possível verificar que esta metodologia pode ser utilizada, recomendando-se, no entanto, que seja, principalmente, em situações em que no município haja carência de informações. Ressalta-se a importância de replicar esta metodologia em outros municípios de pequeno porte para validá-la.

Palavras-chave: Resíduos sólidos domiciliares. Diagnóstico. Geração per capita.

Área Temática: Resíduos Sólidos

Alternative methodology to determine per capita generation of solid waste in small cities

Abstract

The characterization of solid waste generated in the city is essential for a good municipal management. There are several parameters that can assist it, including the per capita generation of solid waste, which relates the amount of waste generated daily with the number of inhabitants. This is a key indicator for the planning and design of all the units that make up the Municipal System of Waste Management. In this article we studied the case of Dourado (SP) which has 8568 inhabitants. An alternative methodology was applied to determine the per capita generation, recommended for small municipalities. This methodology was based on a survey with the population, adopting a portion of the sample population. We interviewed 63 people, distributed in six different sectors of the city, covering the entire urban area. From the comparison of the results obtained with data found in the SNIS (2011) and with information from City Hall, it was also observed that this methodology can be used and it is recommended, however, it is mainly in situations where there is shortage information. We highlight the importance of replicating this methodology in other small cities to validate it.

Key words: Domestic solid waste. Diagnostic. Per capita generation.

Theme Area: Solid waste



1 Introdução

Diagnósticos referentes aos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos devem abranger, entre outros aspectos, informações sobre a caracterização dos resíduos produzidos no município em termos de quantidade e qualidade (BRASIL, 2011). Além disso, as informações sobre geração local dos resíduos sólidos são importantes alicerces de todo o planejamento deste sistema.

Segundo IBAM (2001), a geração per capita relaciona a quantidade de resíduos urbanos gerada diariamente com o número de habitantes de determinada região. Ainda de acordo com este autor, essa característica dos resíduos sólidos é fundamental para a projeção da quantidade de resíduos a coletar e a dispor. É também elemento básico para a determinação da taxa de coleta, bem como para o correto dimensionamento de todas as unidades que compõem o Sistema de Gerenciamento de Resíduos. A geração per capita de resíduos sólidos varia em função do porte do município e de sua localização, além de estar relacionada ao vigor e tipo da atividade econômica e à renda da população (BRASIL, 2012). Por este motivo, torna-se importante estimar a geração específica para cada município.

Em pequenas cidades, muitas vezes os órgãos responsáveis pela coleta de resíduos sólidos não possuem dados sistematizados sobre eles. Neste caso, tais informações devem ser obtidas junto à comunidade (BRASIL, 2009). O presente estudo teve como objetivo a aplicação e avaliação de uma metodologia alternativa para estimativa da geração per capita de resíduos sólidos em municípios de pequeno porte.

2 Metodologia

O presente trabalho teve como objeto de estudo o município de Dourado, localizado na região central do Estado de São Paulo a uma latitude 22°06'00", longitude 48°19'03", e altitude média de 706 metros. O município está inserido na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 13, bacia hidrográfica do Tietê-Jacaré. A população de Dourado é de 8568 habitantes (SEADE, 2013), caracterizando o município como de pequeno porte, e não há controle da quantidade de resíduos sólidos domiciliares que é gerada, coletada, transportada e disposta.

A metodologia utilizada para estimar a geração per capita de resíduos sólidos domiciliares em Dourado consistiu no levantamento da quantidade de sacos de lixo gerados por residência associada ao número de moradores nestas residências. Durante uma pesquisa de campo, perguntou-se a uma parcela amostral da população quantos sacos de 50 litros são preenchidos por dia em sua residência e também quantas pessoas residem nela. Estas informações permitiram estimar a geração per capita diária de resíduos sólidos (L de resíduos sólidos $hab^{-1} dia^{-1}$). Para o cálculo da geração per capita em massa (kg de resíduos sólidos $hab^{-1} dia^{-1}$) é necessário conhecer o peso específico aparente dos resíduos.

Segundo IBAM (2001), peso específico aparente é o peso dos resíduos soltos em função do volume ocupado livremente, sem qualquer compactação, expresso em kg/m^3 , conforme a equação abaixo:

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{\Sigma \text{peso dos resíduos}}{\text{volume do recipiente}}$$

IBAM (2001) menciona que na ausência de dados mais precisos, calculados com os dados do local de estudo, é possível adotar um valor padrão de $230 kg/m^3$ para resíduos sólidos domiciliares. Rocha & Aguiar (2012), por sua vez, encontraram valores de peso específico aparente que variam entre 171,46 e 262,81 kg/m^3 , ou seja, estão adequados ao padrão mencionado posteriormente. Por esta razão foi adotado o peso específico aparente padrão de $230 kg/m^3$ no presente estudo.



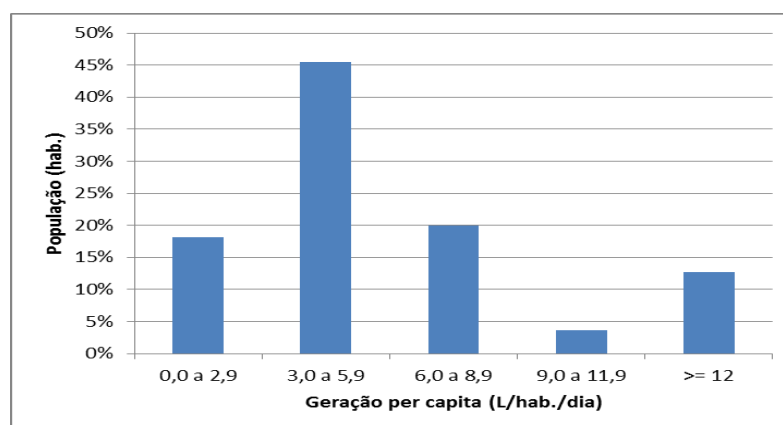
É importante ressaltar que os valores de peso específico são influenciados pela composição gravimétrica dos resíduos, sendo que quanto maior a quantidade de resíduos orgânicos maior será o peso específico. Por outro lado, valores mais elevados de peso específico podem ser indicativos de práticas relacionadas à coleta seletiva de materiais recicláveis como plástico, papelão e vidro, que ao serem retirados dos resíduos, os conferem proporcionalmente maiores teores de material orgânico e consequentemente maiores pesos específicos, devido ao maior teor de umidade deste material (CARNEIRO, 2006 *apud* ROCHA & AGUIAR, 2012). Por essa razão, destaca-se mais uma vez a importância da determinação precisa do peso específico aparente de Dourado.

O levantamento da quantidade de sacos de lixo por residência foi realizado na área urbana do município, coletando-se os dados em seis setores diferentes, de acordo com a evolução temporal de ocupação do território (setor 1: centro; setor 2: Jardim Paulista; setor 3: Jardim Aeroporto; setor 4: Jardim Novo Dourado; setor 5: Jardim Primavera, Jardim Elite, Jardim das Flores e Jardim Central; setor 6: Jardim Maria Luiza e Jardim Azaleia). No total, 63 pessoas foram entrevistadas na zona urbana.

3 Resultados

Foram coletadas 63 respostas, distribuídas em toda a área urbana do município. A partir das informações obtidas (número de sacos e quantidade de moradores na residência), foi possível calcular a geração per capita ($\text{L hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) para cada residência onde foi aplicada a metodologia. Na Figura 1, pode ser observada a distribuição do volume de resíduos sólidos gerado.

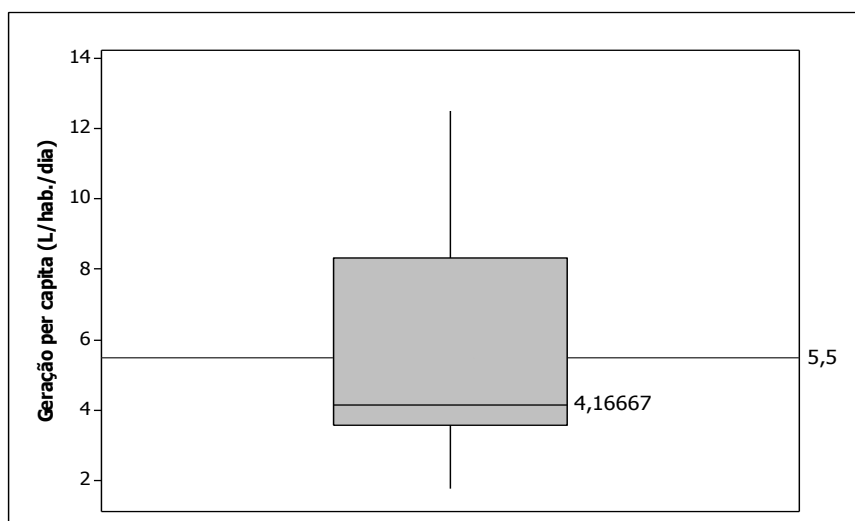
Figura 1: Dados coletados de geração per capita



De acordo com a Figura 1, foram observados diversos valores para geração per capita de resíduos sólidos ($\text{L hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), com elevada variância nos resultados. Entretanto, 45% dos resultados se enquadraram na segunda faixa de geração (de 3,0 a 5,9 $\text{L hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). É importante notar que esta curva não pode ser representada por uma distribuição normal, tendo considerável incidência de valores acima de 12 $\text{L hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ (13%). O valor médio dos resultados obtidos foi de 5,50 $\text{L hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, enquanto a mediana foi 4,16 $\text{L hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, conforme pode ser observado no diagrama de caixa a seguir (Figura 2).



Figura 2: Diagrama de caixa dos valores levantados.



No Quadro a seguir, estão indicados o valor médio de volume de resíduos domiciliares gerado per capita, levantado por meio da metodologia explicada anteriormente, o peso específico aparente adotado e a geração per capita de resíduos sólidos calculada.

Quadro 1: Valores relacionados à geração de resíduos sólidos em Dourado.

Média do volume gerado ($\text{L hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)	5,50
Peso específico aparente (kg/m^3)	230,00
Geração per capita ($\text{kg hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)	1,26

Conforme o Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos do SNIS (BRASIL, 2013) a geração per capita média do Estado de São Paulo é de $0,90 \text{ kg hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, considerando apenas a população urbana. Ainda de acordo com esta referência, a região Sudeste apresenta geração per capita média de $0,90 \text{ kg hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, variando entre $0,14 \text{ kg hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ e $2,35 \text{ kg hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. Entretanto, a análise dos dados geograficamente, ou seja, por região ou Estado, pode prejudicar uma avaliação precisa devido à influência de capitais e de grandes municípios nos resultados de âmbito regional. Portanto é possível e indispensável estratificar a geração per capita por porte populacional. Neste caso, Dourado se enquadra na primeira faixa de municípios, pois possui menos de 30.000 habitantes. Para esta classe, a pesquisa do SNIS (BRASIL, 2013) identifica uma geração per capita média de $0,82 \text{ kg hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$. O Quadro 2 contém um resumo de todos os valores mencionados nesta pesquisa e o valor calculado para o município de Dourado, para possibilitar uma melhor visualização.

Quadro 2: Geração per capita em Dourado e segundo SNIS.

	Geração per capita ($\text{kg hab}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)		
	Mínima	Máxima	Média
Região Sudeste	0,14	2,35	0,90
Estado de São Paulo	-	-	0,90
Municípios com até 30 mil habitantes	0,10	2,53	0,82
Dourado	-	-	1,26

Fonte: Brasil, 2013.



A partir dos valores do Quadro 2, é possível avaliar que o valor estimado para Dourado encontra-se dentro das faixas encontradas no Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (BRASIL, 2013). Além disso, observa-se que, apesar de estar enquadrado nos valores máximos e mínimos tanto da região quanto dos municípios de mesmo porte, a geração per capita de Dourado é consideravelmente maior que a geração média em todos os casos.

É importante destacar que considerando a população atual de Dourado, o município tem uma produção de resíduos sólidos domiciliares de 10.796 kg por dia (aproximadamente 10,8 toneladas). Segundo informações da Prefeitura do município, o caminhão de coleta transporta diariamente de 12 a 14 toneladas de resíduos, incluindo neste caso os resíduos de estabelecimentos comerciais, ou seja, o resultado estimado pela metodologia adotada encontra-se próximo ao valor real.

Outro ponto que merece destaque com relação à geração de resíduos sólidos é a população flutuante do município. De acordo com agentes da Prefeitura, durante o período de colheita, principalmente da laranja, o volume de resíduos gerados aumenta significativamente. Entretanto não há nenhum dado quantitativo desse aumento no volume gerado e nem estimativa do tamanho da população flutuante em Dourado.

4 Conclusões

A necessidade de se conhecer a geração per capita para um adequado gerenciamento de resíduos sólidos, associada à dificuldade de obtenção de dados em pequenos municípios, torna essencial a busca por metodologias simplificadas de obtenção de dados.

No caso do presente estudo, o método adotado apresenta facilidade tanto para aplicação quanto durante a análise dos resultados. Apesar de não se tão precisa quanto a caracterização por meio de métodos tradicionais, como a pesagem e o quarteamento, os resultados obtidos por meio desta metodologia demonstraram-se condizentes com os dados encontrados em literatura e também com as informações fornecidas pela Prefeitura de Dourado. Percebeu-se, portanto, que a metodologia sugerida apresenta-se satisfatória para determinação da geração per capita em municípios de pequeno porte. Em municípios maiores, entretanto, é necessário entrevistar um número muito elevado de pessoas para que a amostra seja significativa em relação à população total. Nesse caso, esta metodologia pode tornar-se inviável devido à limitação de recursos disponíveis.

Conclui-se, portanto, que esta metodologia pode ser utilizada apenas em municípios pequenos, que não possuem dados sistematizados sobre os resíduos sólidos. Apesar de demonstrar-se satisfatória, esta alternativa não isenta os órgãos responsáveis pelo gerenciamento de resíduos sólidos de realizarem uma caracterização mais precisa, por meio de métodos tradicionais. Além disso, recomenda-se que esta metodologia seja empregada, principalmente, em situações em que no município haja carência de informações, sendo importante replicar esta metodologia em outros municípios de pequeno porte para validá-la.

5 Referências

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos** – 2011. Brasília: MCidades/SNSA, 2013.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental Programa de Educação Ambiental e Mobilização Social em Saneamento. **Caderno metodológico para ações de educação ambiental e mobilização social em saneamento**. Brasília, 2009. 100p.



BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Diretrizes para a Definição da Política e Elaboração do Plano de Saneamento Básico**. Brasília: 2011. 41p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. ICLEI-Brasil. **Planos de gestão de resíduos sólidos**: manual de orientação. Brasília: 2012. 156p.

Fundação SEADE. População. Disponível em: www.seade.gov.br. Acessado em set/2013.

IBAM. **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. 200p.

ROCHA, I.L.; AGUIAR, M.I. Análise comparativa de estudos sobre a caracterização física dos resíduos sólidos urbanos gerados em diferentes municípios brasileiros. **In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO**, 7, 2012. Palmas: 2012.