

EQUAÇÃO PARA PREVISÃO DA TAXA DE GERAÇÃO PER CAPITA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES NO ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL

*Equation for Predicting the Per Capita Residential Waste Generation Rates in São Paulo State-
Brazil*

Alexandre da Silva Mello¹
Reinaldo Pisani Júnior²

Endereço de contato: Av. Costabile Romano, 2201 – Ribeirânia – Ribeirão Preto – Estado de São Paulo – 14096-900 – Brasil. Tel.:+55(16)3603-6784 – Fax: +55(16)3603-6718. e-mail: pisanijr@terra.com.br

Abstract

The residential solid wastes represent significant portion of municipal solid wastes that need integrated management in accordance with environmental quality. The quantification of waste amount is fundamental to select and design the unit operations and processes involved in the management chain. This study aimed to obtain equations to predict the per capita residential waste generation rates in municipalities of São Paulo State. The fit quality was evaluated from the comparison between the calculated and measured values, as well as, by the coefficients of determination (R^2) and Root-Mean-Square Errors (RMSE). The per capita residential waste generation rates were shown to have two population domains, because there was a discontinuity in population equal to 100 thousand inhabitants. The proposed equations to predict the per capita residential waste generation rates exhibited R^2 and RMSE equals to 0.16 and 0.055 $\text{kg.hab}^{-1}.\text{d}^{-1}$ respectively for municipalities up to 100 thousand people, and R^2 of 0.85 and RMSE of 0.037 $\text{kg.hab}^{-1}.\text{d}^{-1}$ for municipalities with more than 100,000 people. The models were used to represent the average rates by population group, the low percentage deviations (maximum 7.2%) and RMSE values showed that the equations are appropriate for estimating the per capita residential waste generation rates in São Paulo State municipalities.

KeyWords: Equation, Per capita generation rate, Prediction, Residential wastes. São Paulo State.

¹ Universidade de Ribeirão Preto. Matemático pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Especialista em Educação Matemática pela Universidade Nove de Julho, Aluno do curso de Mestrado em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP) - SP - Brasil.

² Universidade de Ribeirão Preto. Engenheiro Químico pela Universidade Federal de São Carlos, Mestre e Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos e Professor do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP) - SP – Brasil: e-mail: pisanijr@terra.com.br

EQUAÇÃO PARA PREVISÃO DA TAXA DE GERAÇÃO PER CAPITA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES NO ESTADO DE SÃO PAULO -BRASIL

Resumo

Os Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD) representam parcela significativa dos resíduos sólidos urbanos que necessitam de gestão e gerenciamento integrados em concordância com a manutenção da qualidade ambiental. A quantificação do montante de resíduos é fundamental para a escolha e dimensionamento das operações e processos envolvidos na cadeia de gerenciamento. O presente trabalho teve por objetivo obter equações que permitam estimar a Taxa de Geração Per capita de RSD a partir da população dos municípios do Estado de São Paulo. A qualidade do ajuste foi avaliada através da comparação dos valores calculados e medidos, bem como pelos coeficientes de determinação (R^2) e das raízes quadradas do erro médio ao quadrado (RMSE). Foi possível verificar a existência de dois domínios de TGP em função da variável população, com uma descontinuidade no comportamento de TGP em 100 mil habitantes. As equações propostas para representar as TGP apresentaram R^2 de 0,16 e RMSE de 0,055 kg.hab⁻¹.d⁻¹ para municípios até 100 mil habitantes, e R^2 de 0,85 e RMSE de 0,037 kg.hab⁻¹.d⁻¹ para municípios com mais de 100 mil habitantes. As equações propostas foram utilizadas para representar as TGP médias por faixa de população, os baixos desvios percentuais (máximo de 7,2%) e valores de RMSE permitiram concluir que as equações propostas são adequadas para estimar a TGP nos municípios do Estado de São Paulo.

Palavras-clave: Equação, Estado de São Paulo, Previsão, Resíduos sólidos domiciliares, Taxa de geração per capita.

Introdução

O processo de produção e transformação dos diversos recursos naturais é uma atividade inerente à sociedade. Tal atividade modifica o ambiente natural, gera subprodutos e resíduos, que devem ter destinação adequada, no intuito de atender os requisitos legais e éticos.

Dentre os diversos tipos de resíduos sólidos, os resíduos sólidos domiciliares (RSD) representam parcela significativa dos resíduos sólidos urbanos, e devido ao seu risco potencial ao meio ambiente e à saúde, necessitam de gestão e gerenciamento integrados em concordância com a manutenção da qualidade ambiental.

O gerenciamento integrado de resíduos sólidos envolve as etapas de geração, minimização, classificação, coleta, transporte, transbordo, reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação e aproveitamento energético ou demais formas de tratamento de resíduos sólidos, seguidos da disposição final de rejeitos (Brasil, 2010). Deste modo, a quantificação do montante de resíduos é fundamental para a escolha e dimensionamento das operações e processos envolvidos na cadeia de gerenciamento. Além disso, a estimativa das quantidades geradas é necessária para totalização das massas ou volumes, uma vez definida a vida útil dos sistemas utilizados no gerenciamento.

A taxa de geração per capita é um indicador bastante utilizado para representar a geração de RSD, pois relaciona a massa diária de resíduo produzido por habitante em uma dada localidade. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) adota valores orientadores para a taxa de geração per capita de RSD em função de intervalos de população dos municípios (Tabela 1), que foram obtidos a partir de dados retroativos de produção de resíduos nos municípios. A Tabela 1 permite observar que a TGP de RSD é dependente da população envolvida. No entanto, os municípios têm fenômenos dinâmicos de crescimento que influenciam na demografia. Além disso, a sua representação em intervalos amplos de população não permite projeções futuras que levem em consideração o efeito do crescimento populacional na TGP no horizonte de décadas, normalmente o período utilizado para o planejamento dos sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares.

Vijay et al. (2005) utilizaram um Sistema de Informações Geográfica, para estimar a geração de resíduos sólidos domiciliares, a partir da disposição feita em coletores públicos, com base na densidade populacional e renda per capita da comunidade, no entanto, não apresentaram modelagem matemática que validasse os resultados. Em Navarro-Esbrí et al., (2002), podem ser encontrados modelos baseados em dinâmica não linear ou em sistemas dinâmicos discretos de uma única variável escalar com o objetivo de prever a geração de resíduos sólidos urbanos, mas a complexidade do equacionamento utilizado não aliou praticidade à previsão dos resultados. Dias et al. (2013)

apresentaram um modelo para estimar a geração de resíduos sólidos domiciliares, em bairros de Belo Horizonte e dos indicadores socioeconômicos, referentes ao período de janeiro de 2006 a dezembro de 2010. Verificaram forte relação entre a taxa de geração per capita de resíduos e a renda per capita nas regiões estudadas. A qualidade do ajuste entre os valores experimentais e calculados foi avaliada através do coeficiente de determinação (0,85). Posteriormente, validaram o modelo também para a cidade de Porto Alegre. No entanto, a abrangência do modelo e das equações resultantes para outras localidades ainda precisa ser testada.

Neste sentido, o presente trabalho teve por objetivo principal obter equações que permitam estimar a TGP de maneira simples a partir da população dos municípios e validar essa representação por meio de parâmetros de ajuste.

TABELA 1: Taxa de geração per capita por intervalo de população no Estado de São Paulo (CETESB, 2012).

| População (hab) | TGP (kg.hab ⁻¹ .d ⁻¹) |
|--------------------|---|
| até 100000 | 0,4 |
| de 100001 a 200000 | 0,5 |
| de 200001 a 500000 | 0,6 |
| acima de 500001 | 0,7 |

Material e Métodos

Na determinação da taxa de geração per capita de RSD medida foi admitida a hipótese de que todo resíduo gerado no Estado foi coletado e encaminhado a aterros, pois a cobertura do serviço de coleta no Estado de São Paulo corresponde a 98 - 99,7 % (Seade, 2013; Abrelpe, 2012). Além disso, a fração mássica de resíduos que foram encaminhados a programas de reciclagem tem sido bastante baixa frente ao total não superando a 1,5%.

A etapa seguinte consistiu na coleta de dados primários, tanto da produção de RSD bem como da população de cada município paulista, a partir do Inventário Estadual de Resíduos Sólido Domiciliar referente ao ano de 2011 (Cetesb, 2012) e do Censo - 2011 (IBGE, 2011), que permitiram a determinação da taxa de geração per capita medida para todos os municípios do Estado de São Paulo. Posteriormente, foi verificado o comportamento da TGP de RSD em função da variável população do município (P) para a definição de possíveis equações (1 a 6) para descrever o conjunto de dados em um único domínio ou em domínios diferentes.

$$\text{TGP} = a \cdot \ln(P) + b \quad (1)$$

$$\text{TGP} = a \cdot (\ln P)^b + c \quad (2)$$

$$\text{TGP} = (\ln P)^a + b \quad (3)$$

$$\text{TGP} = (a/P) + b \quad (4)$$

$$\text{TGP} = a \cdot \exp(b/P) + c \quad (5)$$

$$\text{TGP} = a \cdot \exp[b/(P^c)] \quad (6)$$

nas quais a, b e c são constantes de ajuste e TGP é a taxa de geração per capita de resíduos sólidos domiciliares (kg.hab⁻¹.d⁻¹). As TGP calculadas foram ajustadas às taxas medidas através do método dos mínimos quadrados com o intuito de obter as constantes e verificar quais equações eram capazes de descrever adequadamente o conjunto de dados. Os erros foram definidos como as diferenças entre as taxas medidas e calculadas para cada município. O processo de minimização da somatória dos erros ao quadrado foi feito através da ferramenta Solver do aplicativo Microsoft Excel.

A qualidade do ajuste foi avaliada através do cálculo dos coeficientes de determinação (R², Equação 7) e dos valores das raízes quadradas do erro médio ao quadrado (RMSE, Equação 8).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [TGP_{medida_i} - TGP_{calculada_i}]^2}{\sum_{i=1}^n [TGP_{medida_i} - TGP_{média}]^2} \quad (7)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [TGP_{medida_i} - TGP_{calculada_i}]^2}{n}} \quad (8)$$

sendo n o número de municípios envolvidos em cada ajuste.

Após a definição das duas melhores equações para descrever os resultados, com base nos maiores R^2 e menores RMSE, repetiu-se o mesmo procedimento para obtenção das taxas de geração per capita de resíduos sólidos domiciliares referentes aos anos de 2008 e 2010 para verificar se havia efeito temporal e aumentar confiabilidade dos resultados. As massas diárias de RSD dos anos de 2008 e 2010 para todos os municípios do Estado de São Paulo foram extraídas de Cetesb (2009) e Cetesb (2011) respectivamente. Já as populações foram obtidas mediante consulta ao sítio eletrônico da Fundação Estadual de Análise de Dados (Seade, 2013).

Resultados e discussões

As taxas de geração per capita de resíduos sólidos domiciliares relacionadas aos dados primários são mostradas na Figura 1, que permitiram verificar a existência de dois domínios de TGP em função da variável população para 2011, pois ocorreu uma descontinuidade do comportamento de TGP em 100000 habitantes. Sendo assim, optou-se por testar as equações em dois intervalos, para municípios até 100.000 habitantes e acima de 100.000 habitantes. Além disso, a TGP para municípios até 100000 habitantes foi sensivelmente mais dispersa quando comparada com a taxa de municípios acima de 100000 habitantes.

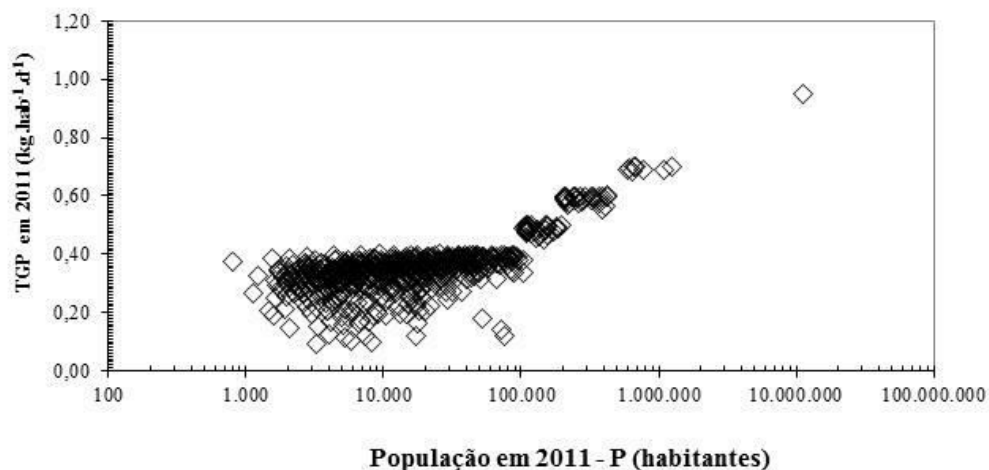


Figura 1: Taxas de geração per capita de RSD em função da população nos municípios em 2011.

A Tabela 2 contém os parâmetros das funções ajustadas e seus respectivos coeficientes de determinação e raízes quadradas do erro médio ao quadrado para as diferentes funções ajustadas e geração de RSD e população de todos os municípios do Estado de São Paulo.

Tabela 2: Parâmetros de ajuste da TGP ($\text{kg.hab}^{-1}.\text{d}^{-1}$) em função da População (hab) para 2011.

| Funções | População | a | b | c | R ² | RMSE |
|------------------------|---------------|-------------|-----------|----------|----------------|-------|
| $TGP = a.Ln(P) + b$ | até 100 mil | 0,0203 | 0,1401 | - | 0,13 | 0,055 |
| | acima 100 mil | 0,0449 | 0,000 | - | 0,85 | 0,066 |
| $TGP = a.(LnP)^b + c$ | até 100mil | 6,490E-05 | 3,0649 | 0,2658 | 0,13 | 0,055 |
| | acima 100 mil | 0,0456 | 0,0364 | 0,3312 | 0,82 | 0,170 |
| $TGP = (LnP)^a + b$ | até 100 mil | 0,1374 | -1,0287 | - | 0,10 | 0,055 |
| | acima 100 mil | 0,4474 | -2,5250 | - | 0,86 | 0,038 |
| $TGP = (a/P) + b$ | até 100 mil | -108,353 | 0,3450 | - | 0,08 | 0,057 |
| | acima 100 mil | -2,7487E+04 | 0,6987 | - | 0,72 | 0,052 |
| $TGP = a.exp(b/P + c)$ | até 100 mil | -51,5911 | 2,0953 | 51,9361 | 0,08 | 0,057 |
| | acima 100 mil | 79,5477 | -345,8764 | -78,8490 | 0,72 | 0,048 |
| $TGP = a.exp[b/(P^c)]$ | até 100 mil | 0,3288 | 1,9768 | 2,0708 | 0,02 | 0,059 |
| | acima 100 mil | 0,5508 | 0,9661 | 1,3841 | 0,66 | 0,099 |

Nota-se pelos resultados da Tabela 1 que a função referente à Equação 1 melhor representou a TGP para municípios com população até 100000 habitantes, porém com R² bastante baixo (0,13), ou seja, apenas 13% do comportamento dos valores medidos pode ser atribuído à variável população. No entanto, o valor de RMSE de 0,055 $\text{kg.hab}^{-1}.\text{d}^{-1}$ é sensivelmente inferior aos valores de prevalentes de TGP (0,30 a 0,40 $\text{kg.hab}^{-1}.\text{d}^{-1}$) para a mesma faixa de população.

Já para municípios com mais de 100000 habitantes, a Equação 3 foi a que melhor ajustou os dados, com maior R² (0,86) e menor RMSE (0,038 $\text{kg.hab}^{-1}.\text{d}^{-1}$). Sendo assim, essas funções foram utilizadas para representar o conjunto mais amplo de dados, ou seja, taxa de geração per capita de resíduos sólidos domiciliares nos municípios do Estado de São Paulo nos anos de 2008, 2010 e 2011.

A Figura 2 contém as taxas de geração per capita obtidas dos dados primários para os anos de 2008, 2010 e 2011.

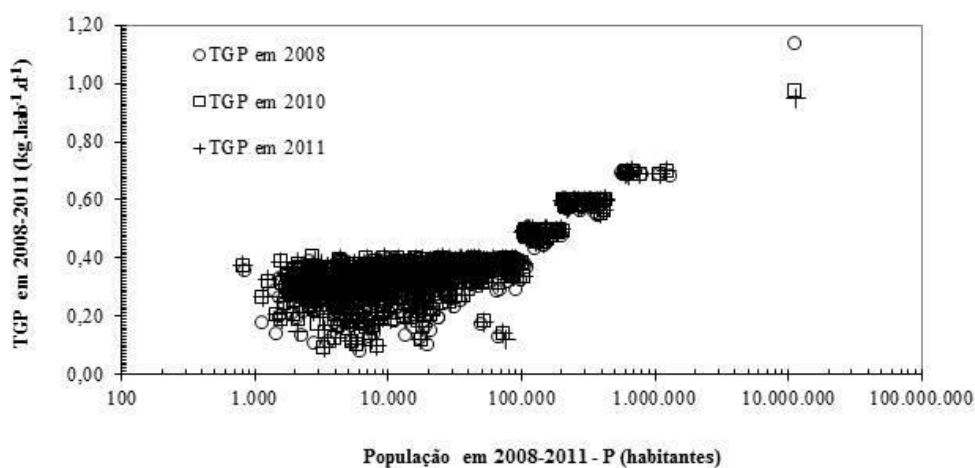


Figura 2: Taxas de geração per capita de RSD em função da população dos municípios do Estado de São Paulo em 2008, 2010 e 2011.

A comparação entre as figuras 1 e 2 permite notar que não houve alteração nos domínios encontrados (até 100 mil e acima de 100 mil habitantes). Logo, as mesmas equações obtidas anteriormente (equações 1 e 3) foram utilizadas para ajustar as TGP em função da população dos municípios em cada ano. A Tabela 3 contém os parâmetros das funções ajustadas e seus respectivos coeficientes de determinação e raízes quadradas do erro médio ao quadrado para o conjunto de pontos referentes aos anos de 2008, 2010 e 2011.

Tabela 3: Parâmetros de ajuste da TGP (kg.hab⁻¹.d⁻¹) em função da População (hab) para 2008 - 2011.

| Funções | População | a | b | R ² | RMSE |
|---------------------|---------------|--------|---------|----------------|-------|
| $TGP = a.Ln(P) + b$ | até 100 mil | 0,0225 | 0,1154 | 0,16 | 0,055 |
| | acima 100 mil | 0,1155 | -0,8737 | 0,85 | 0,037 |
| $TGP = (LnP)^a + b$ | até 100 mil | 0,1487 | -1,0675 | 0,15 | 0,055 |
| | acima 100 mil | 0,4608 | -2,6303 | 0,85 | 0,037 |

Nota-se pela Tabela 3 as equações 1 e 3 foram equivalentes, pois os valores de R² e RMSE foram praticamente os mesmos, porém, a Equação 1 apresentou maior R² para a TGP para municípios com população até 100000 habitantes (0,16), quando comparada com Equação 3 (0,15) no mesmo intervalo de população e valores coincidentes de RMSE nos dois domínios. Portanto, a Equação 1 foi a escolhida para correlacionar a TGP no universo abordado. Sendo assim, essa equação com as respectivas constantes foram utilizadas para calcular as TGP por intervalo de população para comparação entre as médias dos valores medidos e estimados.

A Tabela 4 contém as taxas médias de geração per capita medidas e calculadas para o conjunto de dados de 2008 a 2011 por faixa de população municipal, bem como os desvios percentuais encontrados.

Tabela 4: TGP médias medidas e calculadas pela Equação 1 por faixa de população nos anos de 2008 - 2011.

| Faixa de população (hab.) | Média de TGP medida (kg.hab ⁻¹ .d ⁻¹) | Média de TGP calculada (kg.hab ⁻¹ .d ⁻¹) | Desvio percentual (%) |
|---|--|---|-----------------------|
| Municípios com até 100000 habitantes: a = 0,0225 e b = 0,1154 | | | |
| 5000 – 6000 | 0,30 | 0,31 | 3,3 |
| 10000 – 11000 | 0,32 | 0,32 | 0 |
| 20000 – 25000 | 0,34 | 0,34 | 0 |
| 50000 – 60000 | 0,36 | 0,36 | 0 |
| 80000 – 90000 | 0,37 | 0,37 | 0 |
| Municípios com população acima de 100000 habitantes: a = 0,1155 e b = -0,8737 | | | |
| 100000 - 120000 | 0,47 | 0,47 | 0 |
| 250000 - 300000 | 0,59 | 0,57 | 3,3 |
| 350000 – 400000 | 0,58 | 0,61 | 5,1 |
| 650000 - 700000 | 0,70 | 0,68 | 2,8 |
| 1000000 - 1300000 | 0,69 | 0,74 | 7,2 |

Nota-se pela Tabela 4 que os valores medidos e calculados para os valores médios por faixa de população foram bastante próximos, pois os desvios percentuais foram inferiores a 3,3 % para populações até 100 mil habitantes, apesar da dispersão dos pontos presentes na Figura 2 neste domínio. O mesmo pode ser verificado para municípios com mais de 100 mil habitantes, porém com desvios de até 7,2%, valores baixos o suficiente para justificar aplicação prática das equações propostas para estimar as TGP. As figuras 3 e 4 contêm os gráficos de TGP medidas e ajustadas para os dois domínios utilizados para os anos de 2008, 2010 e 2011. Portanto as equações 9 e 10 são as indicadas para estimar a taxa de geração de RSD no Estado de São Paulo para os dois domínios definidos no estudo:

$$TGP = 0,0225.Ln(P) + 0,1154 \quad (9)$$

com TGP em kg.hab⁻¹.d⁻¹ para P inferior a 100 mil habitantes. Já para P superior a 100 mil habitantes, recomenda-se a Equação 10:

$$TGP = 0,1155.Ln(P) - 0,8737 \quad (10)$$

com TGP em kg.hab⁻¹.d⁻¹ para P superior a 100000 habitantes. A Equação 10, ou Equação 9, dependendo da população envolvida, pôde ser utilizada para estimar o montante de RSD gerados ao longo de 20 anos em uma

cidade de 1 milhão de habitantes, com crescimento médio populacional de 2% ao ano. Na Tabela 5 são mostrados os resultados obtidos a título de exemplo de aplicação. Nota-se pela Tabela 5, que as TGP estiveram acima do valor indicado na Tabela 1 pela Cetesb ($0,7 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{d}^{-1}$), sendo assim, caso este valor fosse utilizado, haveria subestimativa do montante de resíduos produzidos no período.

Tabela 5: Estimativas da população, da TGP e massa de RSD em uma cidade com 1 milhão de habitantes com crescimento populacional de 2% ao ano ao longo de 20 anos.

| Ano | População (hab) | TGP ($\text{kg.hab}^{-1}.\text{d}^{-1}$) | Massa de RSD (t) |
|-------|-----------------|--|------------------|
| 1 | 1000000 | 0,722 | 263527 |
| 2 | 1020000 | 0,724 | 269649 |
| 3 | 1040400 | 0,727 | 275910 |
| 4 | 1061208 | 0,729 | 282315 |
| 5 | 1082432 | 0,731 | 288865 |
| 6 | 1104081 | 0,733 | 295564 |
| 7 | 1126162 | 0,736 | 302415 |
| 8 | 1148686 | 0,738 | 309422 |
| 9 | 1171659 | 0,740 | 316589 |
| 10 | 1195093 | 0,743 | 323918 |
| 11 | 1218994 | 0,745 | 331414 |
| 12 | 1243374 | 0,747 | 339081 |
| 13 | 1268242 | 0,749 | 346921 |
| 14 | 1293607 | 0,752 | 354939 |
| 15 | 1319479 | 0,754 | 363140 |
| 16 | 1345868 | 0,756 | 371526 |
| 17 | 1372786 | 0,759 | 380103 |
| 18 | 1400241 | 0,761 | 388874 |
| 19 | 1428246 | 0,763 | 397843 |
| 20 | 1456811 | 0,765 | 407016 |
| Total | | | 6609031 |

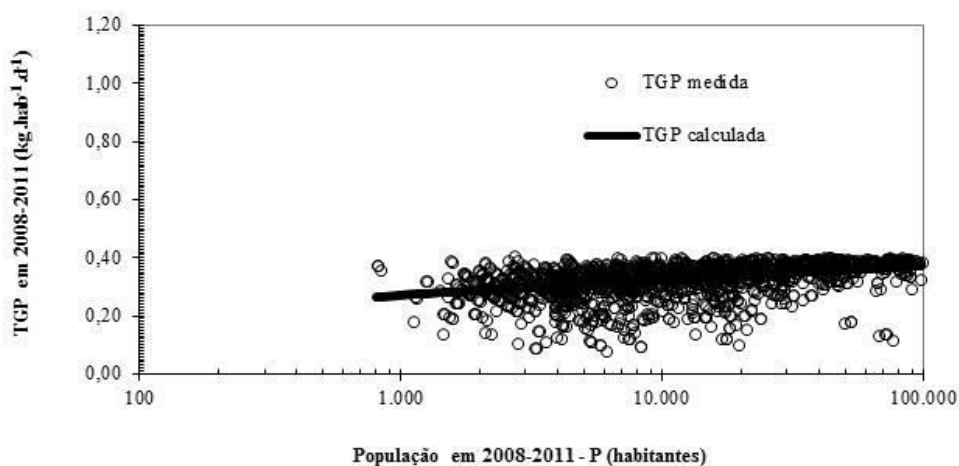


Figura 3. Taxas de geração per capita de RSD para municípios com população até 100 mil habitantes no Estado de São Paulo.

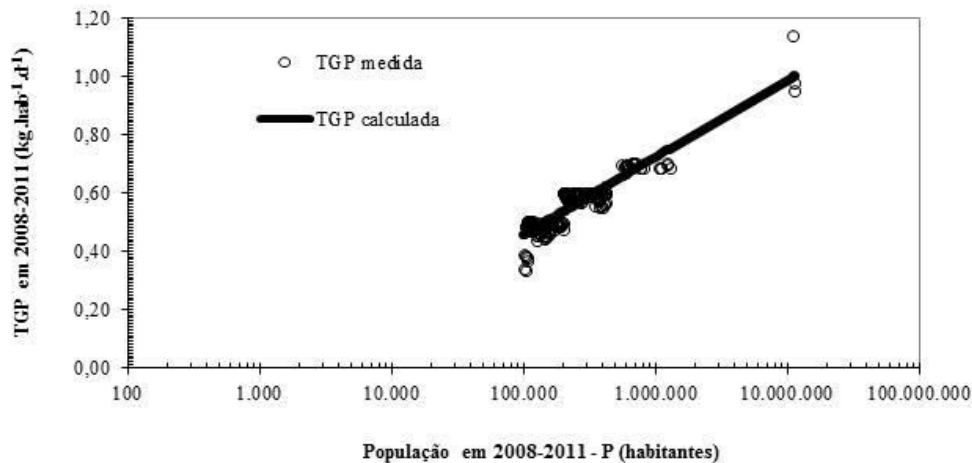


Figura 4. Taxas de geração per capita de RSD para municípios com população superior a 100000 habitantes no Estado de São Paulo.

Conclusões

As taxas de geração per capita de resíduos sólidos domiciliares mostraram possuir dois domínios de dependência em relação à variável população dos municípios do Estado de São Paulo, com descontinuidade de comportamento em 100 mil habitantes, independentemente do conjunto de dados referentes aos anos de 2008, 2010 e 2011. As equações propostas para representar as TGP apresentaram coeficiente de determinação (R^2) de 0,16 e raiz quadrada do erro médio ao quadrado (RMSE) de 0,055 kg.hab⁻¹.d⁻¹ para municípios até 100 mil habitantes, e R^2 de 0,85 e RMSE de 0,037 kg.hab⁻¹.d⁻¹ para municípios com mais de 100 mil habitantes. As equações resultantes foram capazes de representar as TGP médias por faixa de população, em função dos baixos desvios percentuais (máximo de 7,2%) e de valores de RMSE sensivelmente menores que as TGP medidas e calculadas para ambos os domínios. Assim, foi possível concluir que as equações propostas são adequadas para estimar a TGP nos municípios paulistas.

Referências

- Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPA (2011) Panorama do Resíduo Sólido no Brasil 2012. 210p.
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB (2012) Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares 2011. 163p.
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB (2011) Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares 2010. 154p.
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB (2009) Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares 2008. 139p.
- Dias, D. M., Martinez, C. B., Barros, R. T. V., Libânio, M. (2013) Modelo para estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares em centros urbanos a partir de variáveis socioeconômicas conjunturais. Engenharia Sanitária e Ambiental, **17**, p. 325 – 332.
- Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – SEADE (2013) <http://www.seade.gov.br/>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2011) Censo Demográfico 2010.
- Navarro-Esbrí, J, Diamadopoulos, E, Ginestar, D. (2002) Time series analysis and forecasting techniques for municipal solid waste management. Resources, Conservation and Recycling, **35**, p. 201–214.
- Vijay R., Gupta, A, Kalamdhad, A S, Devotta, S. (2005) Estimation and allocation of solid waste to bin through geographical information systems. Waste Management & Research, **23** (5), p. 479–484.