

### III-154 - CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM MUNICÍPIOS COM ATÉ 5000 HABITANTES

**Carlos Alberto Silvestre de Moraes<sup>(1)</sup>**

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP).

**Fabiana Alves Fiore Pinto<sup>(2)</sup>**

Graduada em Engenharia Civil (UFMG - 2001); Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG - 2004); Doutora em Saneamento e Meio Ambiente (FEC/UNICAMP - 2013); Professora Doutora e Pesquisadora do Instituto de Ciência e Tecnologia da UNESP/SJC. Pesquisadora colaboradora do Laboratório de Sustentabilidade e redes Técnicas FLUXUS (FEC/UNICAMP).

**Ricardo Gabbay de Souza<sup>(3)</sup>**

Graduação em Engenharia Civil pela Universidade da Amazônia (2004), Mestrado em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de São Carlos (2007), e Doutorado no Programa de Engenharia de Produção da COPPE/UFRJ (2014); Professor Doutor e Pesquisador do ICT-UNESP, Departamento de Engenharia Ambiental; Colaborando no Laboratório de Sistemas Avançados em Gestão da Produção – SAGE.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Estrada Dr. Altino Bondensan n° 500 Eugenio de Mello, São José dos Campos - São Paulo - Brasil. - Tel: (12) 3947-9700 - e-mail: calsirais@gmail.com.

#### RESUMO

O crescimento da geração de resíduos sólidos urbanos conjuntamente com a falta de estrutura nas cidades pode acarretar no aparecimento de problemas ambientais e sanitários. Para além da obrigatoriedade legal, conhecer as características quali-quantitativas da geração de resíduos sólidos urbanos gerados pelos municípios é de suma importância para a identificação da situação atual e determinação das atividades de manejo e, também para o estabelecimento de metas factíveis para a redução de impactos ocasionados pelos mesmos. A inexistência de padrão normativo para a caracterização de resíduos heterogêneos, tais como os resíduos sólidos urbanos, leva à adaptação de metodologias diversas, que podem gerar dados pouco representativos e sem viabilidade de equiparação. Considerado como requisito mínimo de composição dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, o diagnóstico dos resíduos que também contempla a sua caracterização física foi realizado para o município de Monteiro Lobato, São Paulo, e seus resultados são apresentados neste estudo. Para tanto foram utilizadas de forma adaptada as NBR 10.004 e 10.007 e o Manual de Gestão de Resíduos Sólidos do IBAM. Dentre os resultados observados verificou-se que o material orgânico, os plásticos e os materiais higiênicos foram os resíduos de maior representatividade, a saber: 34, 18 e 13%, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** Geração de resíduos sólidos urbanos, caracterização gravimétrica, Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

#### INTRODUÇÃO

O crescimento populacional aliado ao aumento dos padrões de consumo gera o aumento da massa e da diversidade dos resíduos sólidos urbanos (RSU) que cotidianamente precisam ser gerenciados e que favorece o surgimento de graves problemas sanitários.

Os resíduos sólidos são materiais, substâncias resultantes de atividades industriais, de saúde, de serviços, comercial, doméstica e agrícola, que se encontram no estado sólido ou semissólido bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis (BRASIL, 2010; ABNT 2004). A característica dos resíduos gerados está intimamente ligada aos costumes regionalizados da população, classe social e, condição geográfica (ambiente totalmente urbano, intermediário ou rural).

O conhecimento das características dos resíduos sólidos é de suma importância, pois, proporciona a interpretação da dinâmica existente em uma cidade quanto a sua geração, quais são suas condições e,

proporciona também, a possibilidade de estipular metas que vão de encontro com as diretrizes estabelecidas na Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece a caracterização dos resíduos sólidos como conteúdo obrigatório dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS). Essa caracterização é o processo que identifica a quantidade, os componentes e demais parâmetros físicos, químicos e biológicos dos resíduos.

Devido à falta de renda de muitos municípios brasileiros, o Manual De Orientação Para Planos De Gestão Dos Resíduos do ICLEI 2012, recomenda a busca por dados secundários reduzindo assim custos na produção do PMGIRS. No entanto a falta de dados secundários é recorrente no Brasil, e municípios com pouca renda e mesmas características tendem a ter a mesma dificuldade no tocante a banco de dados, sendo assim necessário recorrer a estimativas mais amplas de âmbito estadual ou nacional.

O Plano De Resíduos Sólidos Do Estado De São Paulo de 2014 não possui estimativas da características de seu RSU no âmbito estadual, tornando a ausência de dados uma problemática para pequenos municípios paulista. Outro fator recorrente é que, quanto mais ampla a abrangência da estimativa, menos representativa ela se torna inviabilizando assim ações corretivas mais pontuais e específicas para .O Plano Nacional de Resíduos Sólidos 2011, possui uma estimativa (tabela 1) que no entanto distancia-se consideravelmente da avaliação efetuada em Monteiro Lobato.

**Tabela 1: Estimativa da composição gravimétrica no Brasil**

| MATERIAL ORGÂNICO | OUTROS | PAPEL<br>PAPELÃO<br>TETRAPAK | PLÁSTICO<br>FILME | PLÁSTICO<br>RÍGIDO | VIDRO | AÇO   | ALUMÍNIO |
|-------------------|--------|------------------------------|-------------------|--------------------|-------|-------|----------|
| 51,40%            | 16,70% | 13,10%                       | 8,90%             | 4,60%              | 2,40% | 2,30% | 0,60%    |

## OBJETIVO

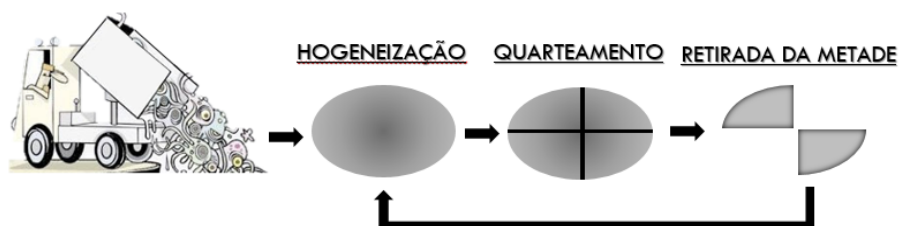
Estabelecer uma metodologia que atenda a necessidade da caracterização gravimétrica exigidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos para a elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e monitoramento das variações de geração de Resíduos Sólidos Urbanos em municípios de pequeno porte com até 5000 habitantes.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a caracterização dos RSU usou-se de forma adaptada a Norma NBR 10004/2004, na classificação e separação por tipo dos resíduos triados, a Norma NBR 10.007/2004 na amostragem, e o Manual de Gestão dos Resíduos Sólidos do Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM, 2001), para o procedimento de gravimetria. A avaliação foi executada em um município, na região paulista do Vale do Paraíba, com 4.500 habitante, aproximadamente.

Para compreender a dinâmica de geração de resíduos sólidos pelo município de Monteiro Lobato, foi adquirido, através da secretaria do meio ambiente do município, os dados relacionados à coleta de resíduos comuns efetuada em seu território entre janeiro de 2014 a dezembro de 2017.

O processo de caracterização gravimétrica dos resíduos (figura 1) ocorreu com a chegada e despejo dos materiais em local impermeável. Posteriormente houve a homogeneização, quarteamento e retirada da metade dos resíduos iniciais com auxílio de uma retroescavadeira. Com a porção restante, houve nova homogeneização, quarteamento e retirada da metade destes resíduos. Sequencialmente ocorreu, de forma manual, a abertura dos sacos e retirada dos resíduos, sendo esses materiais novamente homogeneizados e, posteriormente espalhados de forma circular para retirada de 1m<sup>3</sup> de resíduos (figura 3).



**Figura 1: Processo para retirada de amostra**

Para trabalho manual fora utilizada em média de 4 pessoas previamente instruídas para realizar a segregação.



**Figura 3: Etapas da caracterização gravimétrica**

Para inferir a massa dos RSU foram utilizadas duas balanças devido à impossibilidade de medição dos materiais mais leves pela balança analógica operada com contrapeso (figura 2). As especificações dos instrumentos utilizados são:

- Balança analógica com contrapeso, capacidade de medição de 180 kg e desvio padrão de 2 kg;
- Balança digital com gancho, capacidade de medição de 50 kg e desvio padrão de 0,050 kg.

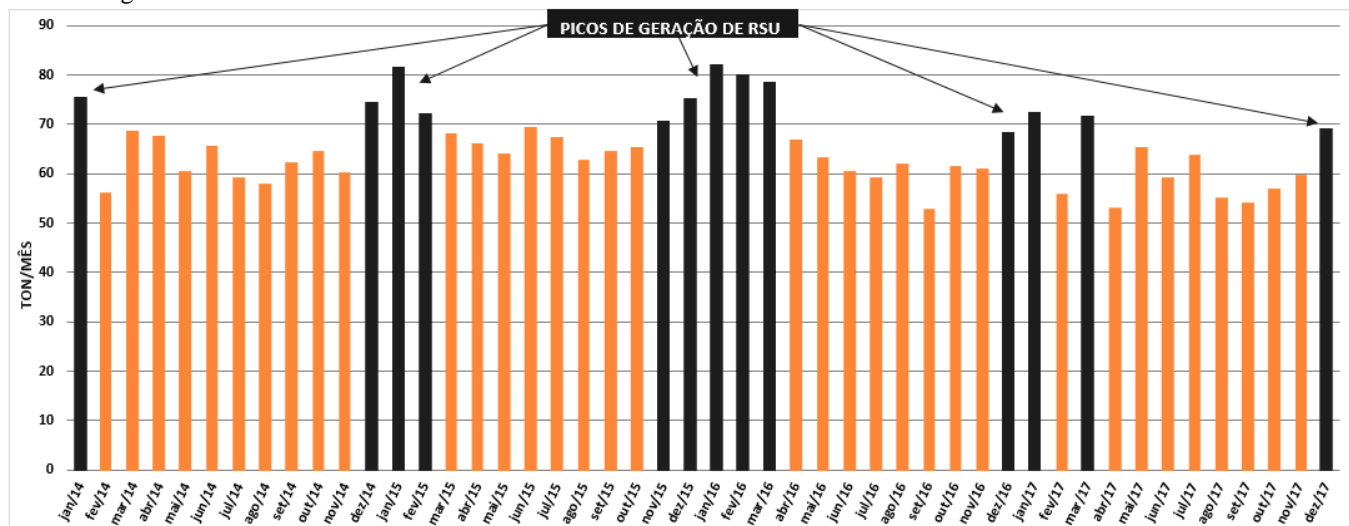


**Figura 2: Instrumentos de medição usados na caracterização.**

Para a retirada e pesagem dos resíduos foi usado um tambor cilíndrico de plástico de 0,2 m<sup>3</sup> (figura 3), com o qual percorreu-se toda a extensão do círculo formado, totalizando 5 pontos distintos de coleta da amostra dos resíduos, aproximadamente distribuídos de forma homogênea. Sequencialmente ocorreu a separação dos materiais por tipos e repesagem. Esse procedimento foi feito em 3 dias da semana de dezembro de 2017.

## RESULTADOS

A partir dos dados de coletas disponibilizados foi possível observar e entender como ocorre o processo de geração de RSU no município de Monteiro Lobato. A figura 4 traz a geração mensal produzida pelo município e seus períodos de sazonalidade destacados, compreendendo principalmente os meses de férias escolares ao longo dos anos.



**Figura 4: Toneladas de resíduos coletados por mês**

A caracterização gravimétrica ocorreu com uma média de 6 horas entre o início do processo (despejo dos resíduos pelo caminhão coletor) e o término (aferição da massa da amostra dos resíduos triados). Com os dados de cada amostra foi possível obter uma média da composição gravimétrica conforme a coleta comum realizada no município, segundo a tabela.



**Tabela 2: Composição gravimétrica da coleta comum.**

| TIPO DE RESÍDUO             | SEG.  | QUAR. | SEX.  | MÉDIA |
|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| <b>MATERIAL ORGÂNICO</b>    | 48,3% | 28,4% | 25,5% | 34,1% |
| <b>TECIDO</b>               | 6,1%  | 15,5% | 16,7% | 12,8% |
| <b>MATERIAIS HIGIÊNICOS</b> | 7,9%  | 17,2% | 13,8% | 13,0% |
| <b>PLÁSTICO FINO</b>        | 11,8% | 13,8% | 8,7%  | 11,4% |
| <b>PAPEL/PAPELÃO</b>        | 6,6%  | 12,9% | 10,2% | 9,9%  |
| <b>PLÁSTICO DURO</b>        | 6,3%  | 6,9%  | 6,6%  | 6,6%  |
| <b>METAIS MISTOS</b>        | 3,5%  | 0,9%  | 10,6% | 5,0%  |
| <b>MADEIRA</b>              | 4,4%  | 2,2%  | 1,6%  | 2,7%  |
| <b>PNEU</b>                 | 0,0%  | 0,0%  | 5,1%  | 1,7%  |
| <b>VIDRO</b>                | 2,0%  | 1,6%  | 0,7%  | 1,4%  |
| <b>OUTROS *</b>             | 3,0%  | 0,6%  | 0,5%  | 1,4%  |

\* Embalagens de óleo automotivo, lâmpadas fluorescentes, seringas, medicamentos e suas embalagens, equipamentos eletroeletrônicos e pilhas.

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

A retirada da amostra de 1 m<sup>3</sup> de um montante aproximado 60 m<sup>3</sup> de resíduos, uma vez que a coleta é feita por um caminhão compactador de 15 m<sup>3</sup> de capacidade e, o veículo consegue reduzir o volume dos resíduos entre 3 e 5 vezes (IBAM, 2001), ocorreu em um período médio de 6 horas por avaliações foi devido a inexperiência do operador de retroescavadeira no primeiro dia de triagem do material e pela quantidade de material triado manualmente com baixo efetivo (entre 8 e 10 m<sup>3</sup>). Tais fatos impediram uma caracterização mais minuciosas com maior número de tipos de resíduos sendo, nesse caso, o fator de maior influência a exaustão dos contribuintes neste trabalho.

A característica média de geração dos RSU comuns (figura 5), exibe maior expressão do material orgânico, atingindo 34,1 % do total do RSU gerado para coleta comum, inferior 17,3% que a média nacional. Em seguida, com 13 e 12,8% respectivamente, ocorre a geração de materiais higiênicos e tecidos.

Os plásticos como um todo somam 18 % do RSU gerado, sendo 11,4 % de plástico fino e 6,6 % de plástico duro, comparativamente a estimativa nacional de pastichos totais é 2,5% menor que a do município; 9,9% do total são constituídos de papel e papelão; 5,0 % são constituídos de metais ferrosos, não ferroso e alumínio; 2,7 % por madeiras tratadas e não tratadas (naturais); 1,7 % por pneus; 1,4 % por vidros coloridos e transparentes; e 1,4 % por outros materiais que são passíveis de logística reversa (embalagens de óleos automotivos, lâmpadas fluorescentes, equipamentos eletroeletrônicos e pilhas) e, materiais de RSS que devem ser acondicionados e armazenados diferenciadamente para posterior tratamento (seringas, medicamentos e embalagens medicamentosas).

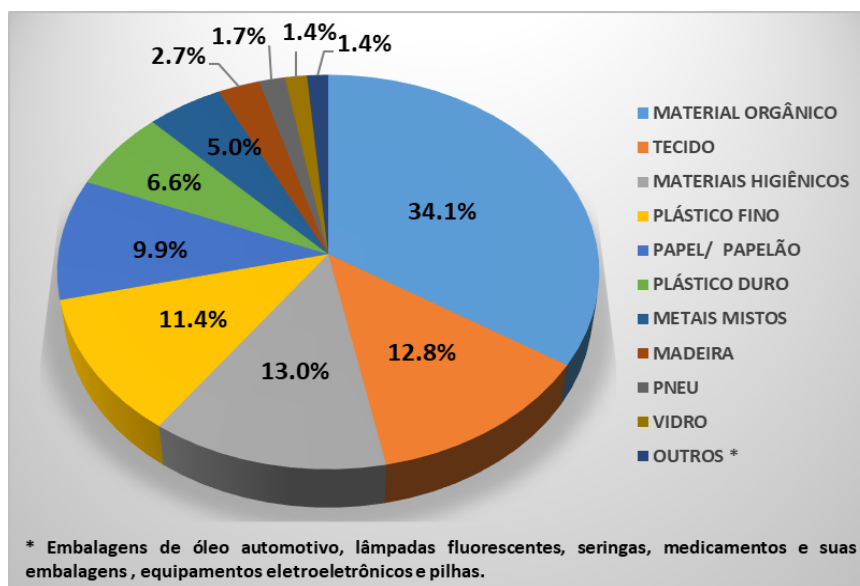


Figura 5: Característica da geração de RSU da coleta comum (segunda, quarta, sexta)

## CONCLUSÕES

O processo de caracterização nos moldes estabelecidos conseguiu proporcionar uma razoável triagem e aferição dos materiais existente no município avaliado. Para se conseguir uma avaliação mais rica, se faz necessário ter um maior número pessoas atuando na triagem manual.

A produção de dados primários no tocante a caracterização dos resíduos é de grande relevância uma vez que a inexistência de dados secundários que convirjam e descrevam um município com razoável confiabilidade ainda é inexpressiva no país.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
2. \_\_\_\_\_. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
3. BRASIL. Lei Federal no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9. 605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010.
4. ICLEI-BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE Planos De Gestão De Resíduos Sólidos: Manual De Orientação Apoiando A Implementação Da Política Nacional De Resíduos Sólidos. Brasília, 2012.
5. MMA. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano Nacional De Resíduos Sólidos. Brasília, 2011.
6. MONTEIRO, J. H. P. Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
7. SÃO PAULO (ESTADO). SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Plano de resíduos sólidos do estado de São Paulo. São Paulo: SMA, 2014.