

III-168 - ESTUDO DE COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DA CIDADE DO RECIFE-PE

Bertrand Sampaio de Alencar⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Católica de Pernambuco (UNICAP, 1985), especialista em Engenharia de Transportes pela Universidade Estadual de Pernambuco (UPE, 1988), mestre em Desenvolvimento Urbano e Regional pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE, 1999) e doutor em Desenvolvimento Urbano (UFPE, 2008). Atualmente é professor do Mestrado em Tecnologia Ambiental do Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP), onde trabalha como técnico e pesquisador. Consultor técnico em projetos nas áreas ambiental, desenvolvimento urbano e de resíduos sólidos.

Raísa Prota Lins Bezerra⁽¹⁾

Engenheira Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE, 2011). Mestre em Geotecnia pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE, 2014). Tem experiência na área de Engenharia Ambiental, com ênfase em gerenciamento de resíduos da construção civil. No Grupo de Gestão Ambiental em Pernambuco - GAMPE atua como colaboradora em temas diversos. Técnica Nível III do ITEP.

Ricardo Leite da Silva⁽¹⁾

Possui graduação em Ciências Sociais pela Universidade Católica de Pernambuco (1989) e mestrado em História pela Universidade Federal de Pernambuco (2011). , atuando principalmente nos seguintes temas: catadores, coleta seletiva, desenvolvimento urbano, história, cidades, limpeza urbana e sociologia. Técnico Nível III do ITEP.

Endereço⁽¹⁾: Av. Prof. Luís Freire, 700 - Cidade Universitária, Recife - PE, 50740-540 – Brasil - Tel: +55 (81) 3183-4339 - Fax: +55 (81) 3183-4590 - e-mail: bertrand@itep.br

RESUMO

A destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos ainda é um grande desafio no Brasil, problemática que vem crescendo em grandes proporções à medida que ocorre o incremento da população, acompanhado pela elevação dos padrões de consumo. São várias as questões que influenciam o gerenciamento e destinação final inadequada dos resíduos sólidos domiciliares. A ausência de informação é uma delas, tanto por parte da sociedade, quanto por parte dos responsáveis (gestores e operadores) pela execução destes serviços nas cidades e nos municípios brasileiros. Conhecer as características dos resíduos com o quais se trabalha é essencial para o planejamento e a tomada de decisão de forma acertada. Neste contexto o estudo de composição gravimétrica de resíduos sólidos torna-se uma importante ferramenta. O objetivo deste trabalho consistiu em realizar o estudo de composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares da cidade do Recife, no estado de Pernambuco. As análises foram conduzidas em campo no aterro sanitário onde são depositados os resíduos coletados na cidade do Recife-PE, localizado no município vizinho de Jaboatão dos Guararapes. O estudo ocorreu durante o mês de novembro/2016, período do ano no qual não há eventos ou festejos na cidade que possam influenciar na composição dos resíduos. Os resultados apontaram que atualmente 64,07% dos resíduos domiciliares depositados diariamente no aterro sanitário está dividido entre Materiais Recicláveis (35,47%) e Resíduos Orgânicos (28,60%), que pela legislação vigente (Lei Federal No 12.305/2010 - PNRS) não deveriam estar sendo dispostos neste sítio, tendo em vista que somente Rejeitos devem ser destinados a aterros sanitários. Com relação a composição dos resíduos de diferentes classes socioeconômicas este estudo apresentou resultados inovadores por se diferenciar de estudos semelhantes previamente realizados. No que tange a composição média total para a cidade do Recife-PE, o presente estudo apresenta semelhanças com estudos de composição gravimétrica realizados anteriormente. Constata-se como preocupante a presença significativa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, em termos absolutos.

PALAVRAS-CHAVE: Composição Gravimétrica, Resíduos Sólidos Domiciliares, Resíduos Sólidos Urbanos, Gravimetria.

INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) têm-se tornado um dos grandes desafios do século XXI, com reflexos que extrapolam a área ambiental, em virtude do crescimento econômico e do contingente populacional dos centros urbanos, do acentuado consumo, da geração de resíduos em ritmos geométricos e do descarte inadequado dos materiais pelo desperdício de matéria e energia. Estes fatores refletem desde o esgotamento das reservas naturais, através da extração da matéria prima, até o incorreto descarte final dos resíduos sólidos, prerrogativas que contribuem para a degradação do meio ambiente e influenciam na qualidade de vida da população (SILVA, 2015).

No Brasil a destinação final ambientalmente adequada dos RSU ainda é um grande desafio a ser vencido pelo Estado e pela sociedade. O crescimento populacional, acompanhado pela industrialização e pelas alterações dos padrões de consumo vem aumentando significativamente a geração de resíduos ao longo dos anos, não só a produção total, mas também a produção *per capita*. Estas mudanças também podem ser percebidas nas características nos resíduos produzidos nas cidades classificados como Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), que sofrem alterações em sua composição em função do consumo de alimentos e recursos em geral.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010) determina que os rejeitos dos resíduos sólidos devem ser dispostos em aterros sanitários após serem esgotadas as possibilidades de reaproveitamento e reciclagem destes materiais. Atualmente as iniciativas para o tratamento alternativo dos RSU são bastante incipientes, de maneira que estes são, em sua maioria, lançados em aterros sanitários e nos lixões ainda existentes.

Nesse contexto, adquire importância ter-se um amplo conhecimento sobre o perfil, quantitativo e qualitativo dos resíduos sólidos que chegam aos aterros sanitários, na medida em que este conhecimento pode ajudar na formulação do planejamento das ações de gestão e gerenciamento dos RSU.

Os resíduos sólidos podem ser caracterizados em função da sua composição física (ou gravimétrica), que corresponde à distribuição relativa do peso bruto de cada um dos seus materiais componentes, ou seja, traduz o valor relativo (ou percentual) de cada componente presente no lixo em relação ao seu peso total (ALENCAR, 2009).

O presente estudo de composição gravimétrica foi elaborado no aterro sanitário CTR Candeias, que recebe os resíduos sólidos de características domiciliares do Recife, capital do estado de Pernambuco, cidade de 1,617 milhões de habitantes, segundo estimativa do IBGE para 2015.

MATÉRIAS E MÉTODOS

Este estudo de composição gravimétrica foi focado exclusivamente na caracterização de resíduos sólidos domiciliares coletados na cidade de Recife-PE. Por se tratar de uma metrópole, que possui um número elevado de rotas de coleta foi necessário definir o tamanho da amostra a ser trabalhada neste estudo. Além disto, Recife-PE é uma cidade com traços marcantes de desigualdade social no seu território. Sendo a condição econômica um fator de influência direta sobre os padrões de consumo e, consequentemente, na composição dos resíduos gerados, fez-se necessário distribuir de maneira proporcional entre o número de caminhões a serem estudados quais bairros e setores iriam compor a amostra de acordo com a renda média dos mesmos.

PRIMEIRA ETAPA: DEFINIÇÃO DA AMOSTRA E PLANEJAMENTO DAS ATIVIDADES DE CAMPO

O tamanho da amostra a ser analisada foi calculado por meio do método universal de cálculo de amostra com a seguinte equação (1):

$$A = N/N(i)^2 + 1 \quad \text{equação (1)}$$

Neste estudo a amostra (A) corresponde ao número de caminhões que foram caracterizados e o universo total (N) corresponde à média de caminhões que descarregam por dia ao aterro, sendo (i) correspondente à margem de erro. Tomou-se como base para o cálculo o número total de entradas dos caminhões (180 em média), de apenas uma das duas empresas que prestam serviço de coleta de resíduos domiciliares à Prefeitura do Recife, no aterro sanitário onde foi realizado este estudo de composição gravimétrica.

A cidade do Recife, assim como qualquer metrópole, apresenta zonas diferenciadas de classes socioeconômicas. A seleção das rotas de coleta para composição deste estudo foi baseada na metodologia proposta por Silva (2015) onde são priorizados os seguintes indicadores: população, renda domiciliar e taxa de geração *per capita*.

Para efeito de comparação foi adotada a classificação utilizada por Silva (2015), com quatro níveis de perfil socioeconômico para os setores de coleta participantes da amostra:

- Classe A - setores com renda familiar acima de 10 salários mínimos, cujo valor no período da pesquisa era de R\$ 788,00 (acima de R\$ 7.880,00);
- Classe B - grupo social cuja renda familiar se estabelece entre 5 e 10 salários mínimos (de R\$ 3.940,00 a R\$ 7.880,00);
- Classe C - grupo de pessoas com renda familiar entre 2 e 5 salários mínimos (de R\$ 1.576,00 a R\$ 3.940,00);
- Classe D - grupo social com renda familiar menor que 2 salários mínimos (abaixo de R\$ 1.576,00).

O trabalho de campo foi planejado para ser executado durante o mês de novembro/2015, período do ano no qual não há eventos ou festejos na cidade que possam influenciar na composição dos resíduos. A balança foi devidamente calibrada no Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP) antes da execução das atividades de campo.

SEGUNDA ETAPA: GRAVIMETRIA EM CAMPO

O procedimento operacional adotado para o estudo de composição gravimétrica foi o método de quarteamento, em acordo com a ABNT NBR 1007. Esta metodologia vem sendo comumente adotada em diversos estudos de composição gravimétrica e torna-se importante o seu uso sistemático para análise comparada de resultados. O quarteamento do montante de resíduos sólidos domiciliares coletado por cada caminhão foi realizado diretamente (*in loco*) no aterro sanitário, local de disposição final dos resíduos sólidos, o qual foi realizado de acordo com as seguintes etapas:

Etapa 1: Ao chegar ao aterro sanitário, os veículos foram pesados e depois direcionados para uma área plana e compactada, coberta com manta de PEAD (para evitar a incorporação do solo da camada de cobertura à amostra), designada para realização deste estudo, onde descarregaram os resíduos sólidos de forma espalhada, para facilitar a operação de quarteamento (Foto 1);



Foto 1: Chegada de caminhão de uma das rotas selecionadas para descarrego sobre a manta da área estudo (R. Prota, Nov/2015)

Etapa 2: O quarteamento foi realizado com uma pá escavadeira ou retroescavadeira (Foto2), variando de acordo com o equipamento disponível no dia e contou ainda com oito ajudantes (garis) munidos de pás, enxadas, gadanhos (garfos), toneis e sacos plásticos e respectivos fardamento e EPI;



Foto 2: Quarteamento do montante de resíduos. (R. Prota, Nov/2015)

Etapas 3: A massa de resíduos sólidos foi dividida em quatro partes. Dois quartos de resíduos (montantes opostos) foram descartados, misturando-se os outros dois quartos restantes para iniciar novamente o quarteamento. Os sacos contendo os resíduos eram rasgados pelos dentes da pá durante o processo de mistura do material. Esta operação foi realizada de 3 a 4 vezes consecutivas em cada carga de resíduos, dependendo do volume de material, até chegar a uma amostra de aproximadamente 300kg.

Etapas 4: Em seguida, os agentes de limpeza, encheram os tonéis com auxílio de pás e garfos para pesagem até compor a amostra de 300kg.



Foto 3: Enchimento dos tonéis e pesagem da amostra. (R. Leite, Nov/2015)

Etapas 5: Com a amostra pesada, disposta sobre uma lona ao lado da mesa, deu-se início a separação manual dos resíduos sobre a mesa de apoio montada com *pallets* usados e forrada com sobras de manda de PEAD (Fotos 4 e 5).



Fotos 4 e 5: Segregação manual dos resíduos para pesagem. (R. Leite, Nov/2015)

Etapas 6: Para a segregação e pesagem dos resíduos foram utilizados recipientes reaproveitados da oficina do aterro, com peso médio de 0,80 kg. (Fotos 6 e 7)



Fotos 6 e 7: Recipiente reaproveitado para segregação dos resíduos no estudo de gravimetria. (R. Prota, Nov/2015)

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

Foram selecionadas 17 rotas de coleta de resíduos domiciliares que contemplaram um total de 35 bairros da cidade de Recife-PE. A Tabela 1 representa a composição da amostra total por classe socioeconômica, conforme metodologia adotada por Silva (2015).

Tabela 1: Quantidade de rotas estudadas, por classe socioeconômica.

Classe	Nº de rotas de coleta estudadas
A	3
B	4
C	3
D	7
Total	17

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA

A Prefeitura do Recife deposita diariamente pouco mais de 1.500 toneladas de resíduos de características domiciliares no aterro sanitário (Recife, 2015). Para a categoria dos Materiais Recicláveis foram agregadas as seguintes classificações: Vidro, Metais Ferrosos, Alumínio, Papel, Papelão, PET, Plástico (duro e filme), representados na Tabela 1, à qual correspondeu a um total de 35,47% do peso total da amostra, sendo composta principalmente por Plástico Filme (15,5%), Papelão (6,4%) e Papel (5,5%).

A categoria dos Resíduos Orgânicos, subdivididos em Restos de Alimentos e Madeira/Folhagem, representou 28,60% do total. Estas duas categorias somadas representam em torno de 64,07% dos resíduos domiciliares da cidade do Recife destinados ao aterro sanitário, ou seja, aproximadamente 909 toneladas/dia de resíduos que poderiam receber tratamento alternativo (reciclagem ou compostagem) e ser reinserido dentro da cadeia produtiva como matéria prima, reduzindo a pressão sobre a extração de recursos naturais.

Os rejeitos (sobras da catção, pedras, outros resíduos) representaram 24,80% e outros materiais (têxteis e sanitários) atingiram 10,58%. Os resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) corresponderam a apenas 0,54%. Apesar apresentar um valor relativo reduzido, os resíduos eletroeletrônicos correspondem a uma quantidade estimada em 8,15 toneladas/dia proveniente da cidade do Recife, o que é bastante representativo.

As amostras de 300 kg pesadas antes da segregação dos resíduos foram em parte reduzidas. Ao final o peso médio das amostras foi de 285,9 kg, tendo em vista perdas na manipulação bem como também pode ser atribuído aos fortes ventos que carregaram os materiais mais leves, tais como plástico e papelão. Verificou-se ainda a perda de umidade de parte da amostra, para aquelas que foram quarteadas no período da tarde para serem caracterizadas na manhã do dia seguinte, pois a temperatura estava bastante elevada durante os ensaios no aterro sanitário.

Tabela 2: Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares coletados da cidade do Recife-PE.

Item	Material	Peso Absoluto (Kg)	Peso Relativo (%)	Composição Macro	%
1	Vidro	6,9	2,5%	Recicláveis	35,47%
2	Metal Ferroso (latas de ferro, peças, etc.)	3,0	1,0%		
3	Alumínio	1,1	0,4%		
4	Papel	15,5	5,5%		
5	Papelão	19,4	6,4%		
6	PET	3,2	1,1%		
7	Plástico (duro)	8,4	3,0%		
8	Plástico (filme)	44,1	15,5%		
9	Têxteis (panos, trapos, etc.)	9,4	3,3%	Outros	10,58%
10	Sanitário	21,0	7,3%		
11	Restos de alimentos	45,1	15,8%	Orgânicos	28,60%
12	Madeira e folhagem	36,4	12,8%		
13	Rejeito (sobras da catação)	72,0	24,8%	Rejeito	24,80%
14	Eletroeletrônico	1,6	0,5%	Eletroeletrônico	0,54%
	TOTAL	285,9	100,0%	-	100,00%

O potencial de reciclagem foi semelhante para as quatro classes sociais estudadas, destacando-se acima das demais a classe B com 40,98% de resíduos recicláveis. Os percentuais desta categoria de resíduos para classes sociais A, C e D atingiram 33,32%, 33,62% e 34,12%, respectivamente.

Os resultados encontrados para a participação em massa dos resíduos orgânicos chamaram atenção pelos baixos percentuais atingidos, não tendo sido identificado algum trabalho de composição de resíduos em Recife que apresente resultados semelhantes.

Os valores relativos referentes à participação dos resíduos alimentares para o estudo de composição gravimétrica das classes A, B, C e D não apresentaram diferenças significativas entre si, com valores relativos de 16,39%, 18,03%, 15,99% e 13,87%, respectivamente, indicando certa coerência nas amostras, tendo em vista o menor desvio padrão entre elas. Chama atenção o fato de que os bairros com menor renda média familiar foram os que apresentaram menores percentuais de resíduos de restos de alimentos na contramão de resultados e conclusões apresentadas em outros estudos desta natureza. Silva (2015) obteve percentuais semelhantes para os resíduos alimentares de classes A, B e D em seu estudo de composição gravimétrica na cidade do Recife.

Com relação ao percentual de Resíduos Eletroeletrônicos a classe que apresentou resultado mais expressivo foi a B (0,90%), seguida da classe D (0,68%). A classe A apresentou apenas 0,28% e a classe C apresentou um valor relativo de 0,16%. Não há uma associação consistente entre os resultados, até por ausência de estudos similares para comparação (Foto8).



**Foto 8: Amostra de resíduo eletroeletrônico.
(R. Prota, Nov/2015)**

CONCLUSÕES

O presente estudo apresenta semelhanças com estudos de composição gravimétrica realizados anteriormente. Constatou-se como preocupante a presença significativa de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, em termos absolutos.

Atualmente 64,07% dos resíduos domiciliares depositados diariamente no aterro sanitário está dividido entre Materiais Recicláveis (35,47%) e Resíduos Orgânicos (28,60%), que pela legislação vigente (Lei Federal Nº 12.305/2010 - PNRS) não deveriam estar sendo dispostos neste sítio, tendo em vista que somente Rejeitos devem ser destinados a aterros sanitários.

Dos materiais recicláveis, o Plástico Filme é o que está presente em maior quantidade (15,5%), sendo composto principalmente por sacolas plásticas. Em seguida tem-se o Papelão (6,4%) e o Papel (45,5%) que somados representam um total de 389 toneladas/dia. É importante ressaltar a crescente participação do plástico na composição dos resíduos domiciliares que neste estudo foi de 19,4% no total da massa de resíduos analisados.

A participação dos restos de alimentos em estudo de composição gravimétrica vem caindo significativamente ao longo dos anos. Neste estudo, os valores encontrados para todas as classes foram inferiores a 20%. Quando somados a restos de madeira e folhagem chegam a quase 30%. O resíduo orgânico que em diversos estudos aparece como indicador de áreas de baixo poder aquisitivo, neste estudo não apresentou diferenças significativas entre os quatro grupos socioeconômicos utilizados neste estudo.

Por fim, as formas de produção e descarte desses resíduos não atendem a legislação no que se refere a prática da coleta seletiva e reciclagem, principalmente no que tange a segregação na fonte geradora (domicílios). Desta forma os resíduos chegam ao aterro, totalmente misturados, inviabilizando a instalação de um processo de triagem para reaproveitamento dos materiais recicláveis dos resíduos orgânicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALENCAR, B.S. Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: Uma abordagem estratégica e socioambiental. Recife, Brasil/Luanda, Angola: Bainema/Elisal. 2009. 164 p.;
2. ANTUNES, R. (2011). Amostragem probabilística. Obtido em 17/09/2015, de Sondagens e Estudos de Opinião. Disponível em: <https://sondagenseestudosdeopinioao.wordpress.com/amostragem/amostras-probabilisticas-e-nao-probabilisticas/amostragem-aleatoria-estratificada/>.
3. BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 3 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília. 2010.
4. COSTA, L. E. B. et al. Gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos domiciliares e perfil socioeconômico no município de Salinas, Minas Gerais. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.3, n.2, p.73-90, 2012.
5. Fundação Getúlio Vargas (FGV) – portal.fgv.br – Acessado em 17/11/2015.
6. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). <http://cidades.ibge.gov.br/> Acesso em 16/11/2015.
7. RECIFE. Portal de dados abertos da cidade do Recife. Pesagem de Coletas de Resíduos. Disponível em <http://dados.recife.pe.gov.br/dataset/pesagem-de-coletas-de-residuos> Acesso em 04/11/2015.



8. SILVA, R. C. P. Avaliação do modelo de gestão dos RSU da cidade de Recife/PE e estudo dos indicadores gerenciais nos setores de coleta por meio de técnicas multivariadas. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. UFPE. Recife, 2015.