



DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO RESÍDUO SÓLIDO URBANO GERADO EM UM ESTADO QUALQUER

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.6.23.IV-004>

Rodrigo Ramos Medeiros (*)

* UERGS, Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, rodrigoramosmedeiros@gmail.com

RESUMO

Neste trabalho mostra um exemplo de realização de caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos de um Estado qualquer. Avaliou-se a composição do resíduo in natura que chega para ser disposto em um aterro sanitário regional. A massa de resíduos sólidos urbanos recebida no aterro sanitário é bastante heterogênea e apresenta variações de acordo com as características socioeconômicas das regiões. Por este motivo, os municípios foram agrupados conforme faixa populacional, resultando em faixas de população distintas. Os resultados da caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos mostraram uma significativa influência de fatores externos, tais como a presença de umidade devido ao nível pluviométrico e a ação dos ventos. Isto é devido ao fato que materiais como papel e papelão são descaracterizados em presença de umidade e misturam-se às porções de rejeito e matéria orgânica. A média dos dados analisados indica uma predominância de matéria orgânica (em torno de 50%). Embora o resíduo analisado não seja o total gerado no Estado, a composição geral obtida através de uma média ponderada pode ser considerada como uma fotografia da geração de resíduo sólido urbano do Estado, visto que o Aterro Sanitário onde o estudo foi realizado é o destino de quase metade do resíduo na Unidade Federativa.

PALAVRAS-CHAVE: Composição de Resíduos Sólidos Urbanos, Gravimetria, Aterro Sanitário.

ABSTRACT

This work shows an example of carrying out a gravimetric characterization of urban solid waste from any State. The composition of the in natura waste that arrives to be disposed of in a regional sanitary landfill was evaluated. The mass of urban solid waste received at the landfill is quite heterogeneous and varies according to the socioeconomic characteristics of the regions. For this reason, the municipalities were grouped according to their population range, resulting in different population ranges. The results of the gravimetric characterization of urban solid waste showed a significant influence of external factors, such as the presence of moisture due to rainfall and the action of winds. This is since materials such as paper and cardboard are degraded in the presence of moisture and mix with the portions of waste and organic matter. The average of the analyzed data indicates a predominance of organic matter (around 50%). Although the waste analyzed is not the total generated in the State, the general composition obtained through a weighted average can be considered as a snapshot of the generation of urban solid waste in the State, since the Sanitary Landfill where the study was carried out is the destination. of almost half of the waste in the Federal Unit.

KEY WORDS: Urban Solid Waste Composition, Gravimetry, Landfill.

INTRODUÇÃO

Certamente, um dos maiores problemas da humanidade é a correta destinação dos resíduos sólidos urbanos (RSU). A geração de RSU está diretamente relacionada com a população urbana, seu padrão de vida e hábitos de consumo. A coleta, tratamento e disposição adequada destes resíduos refletem a qualidade de vida da população, a qualidade das águas dos rios e águas subterrâneas, atividade pesqueira e vetores patogênicos. Neste contexto, a disposição final do lixo urbano é um dos graves problemas ambientais enfrentados pelos grandes centros urbanos em todo o mundo e tende a agravar-se com o aumento do consumo de bens descartáveis, que passam cada vez mais a compor os grandes volumes de lixo gerados pela população.

Segundo SANTOS (2011), em países desenvolvidos, como Estados Unidos (EUA) e a União Europeia (UE), a geração per capita de RSU foi respectivamente 3.26 e 1.63 quilogramas, evidenciando a grande diferença de geração entre estes países e os países em desenvolvimento, onde esta geração per capita é de aproximadamente 0.55 quilogramas por dia.



Citando US EPA (2009), o gerenciamento do RSU nos EUA é assim realizado: 54,2% do RSU foi disposto em aterro sanitário, 33,2% foram recuperados através de algum tipo de reciclagem ou compostagem, e 12,6% do total do RSU gerado foi enviado para combustão com recuperação energética.

Segundo a ABRELPE, em 2014 a geração per capita de RSU por dia, no Brasil foi de 1.062 quilogramas. No Brasil, a destinação adequada mais comumente utilizada é o aterro sanitário e o aterro controlado, embora ainda seja comum a prática e utilização de lixões, mesmo este último sendo proibido, de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS. Lei nº 12.305/10).

Dentre as várias alternativas conhecidas para disposição final do RSU cita-se a incineração, compostagem e reciclagem, a prática de utilização de áreas para aterramento do RSU ainda é a mais comum. Os aterros sanitários são locais adequados para a disposição final do RSU já que dispõem de técnicas corretas para a impermeabilização do solo, cobertura dos resíduos, captação do chorume, além de captação e queima (passiva ou em flare) do biogás. A impermeabilização eficiente da base e da cobertura do aterro possibilita condições adequadas para a degradação da matéria orgânica, aumentando consequentemente a produção de biogás. Além disso, é uma maneira de minimizar contaminações tanto no solo como em lençóis freáticos (ENSINAS; BIZZO, 2003).

Para FLECK (2003) a disposição em solo de RSU, qualificada ou não, provavelmente permanecerá como alternativa adotada pelos países que não dispõem de recursos para instalar outras metodologias de tratamentos destes, como é o caso do Brasil.

US EPA (2008) cita que juntamente com a redução do número total de aterros nos EUA (que passou de 7982 no ano de 1988, para 1754 no ano de 2007), a capacidade de disposição de resíduos destes aterros que continuaram em operação aumentou. Considerando a capacidade de disposição total atual dos aterros do país, pode-se dizer que não houve mudança significativa, pois, os aterros que foram encerrados eram locais pequenos e que não estavam em consonância com a legislação americana específica sobre os aterros. Uma vez que tenha permanecido apenas cerca de 25% dos aterros iniciais, a menor distribuição espacial deles no território causou um problema para o deslocamento dos resíduos, que têm agora que ser transportados até o aterro mais próximo (conceito de aterro sanitário regional).

Na UE, SANTOS (2011) cita que

- A Alemanha foi o país com a maior redução na quantidade de aterros em operação do ano de 1990 para o ano de 2005, reduzindo de 8273, para menos de 200 aterros, uma redução de cerca de 98%.
- A Itália, a Estônia e a Finlândia seguiram a tendência apresentada pela Alemanha, reduzindo de forma contínua e regular a quantidade de aterros operantes, porém as mesmas não tiveram uma redução tão acentuada como a apresentada pela Alemanha.

Por conta da escassez de recursos econômicos, ou mesmo falta de incentivo por parte dos poderes públicos, há uma demanda urgente para alternativas de baixo custo para o tratamento dos subprodutos gerados na decomposição anaeróbica do RSU, ou ainda desenvolver novas maneiras de dispor o RSU, através da valorização energética (geração de energia elétrica), já que o ganho financeiro com a geração de energia poderia fomentar a instalação de sistemas que tenham este objetivo, aumentando assim as possibilidades ambientalmente corretas de disposição final do RSU.

Dentre as metodologias mais utilizadas para valorização energética de RSU destaca-se a utilização do biogás. As tecnologias convencionais para a transformação energética do biogás são as turbinas a gás, as microturbinas e os motores de combustão interna (CENBIO, 2005). De acordo com estudos realizados pelo CENBIO (2005), os motores ciclo Otto, além de apresentarem baixo custo quando comparados às turbinas e microturbinas a gás, possuem alta eficiência quando operados com biogás. A figura 1 apresenta uma tipologia típica de um aterro sanitário com sistema de captura de biogás, geração de energia elétrica e drenagem de lixiviado.

A incineração dos RSU é também uma opção para o tratamento do RSU. Porém, assim como os aterros sanitários, existem diversos aspectos limitantes no seu uso. As variações de umidade e da quantidade dos materiais presentes nos RSU são um dos principais aspectos limitantes para a utilização do RSU na incineração. Além disso, a resistência existente quanto ao uso dos incineradores para destinar os RSU deve-se ao fato do processo de incineração produzir substâncias altamente tóxicas e de alto potencial cancerígeno para o homem (TANGRI, 2003).

O fato é que cada vez mais, em todo o mundo, gera-se uma maior quantidade de lixo. Portanto, a necessidade do desenvolvimento de tecnologias comprometidas com a preservação do meio ambiente e com a preservação da qualidade de vida aumenta em dimensão proporcional, principalmente alternativas de valorização energética.



Porém, o primeiro passo para propor alternativas para a valorização energética do RSU é determinar a sua composição, já que esta influencia diretamente na alternativa de geração de energia adotada.

O trabalho consiste em caracterizar os resíduos gerados em um Estado através de um estudo da composição, enfocando o parâmetro quantitativo, que traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de resíduo analisado.

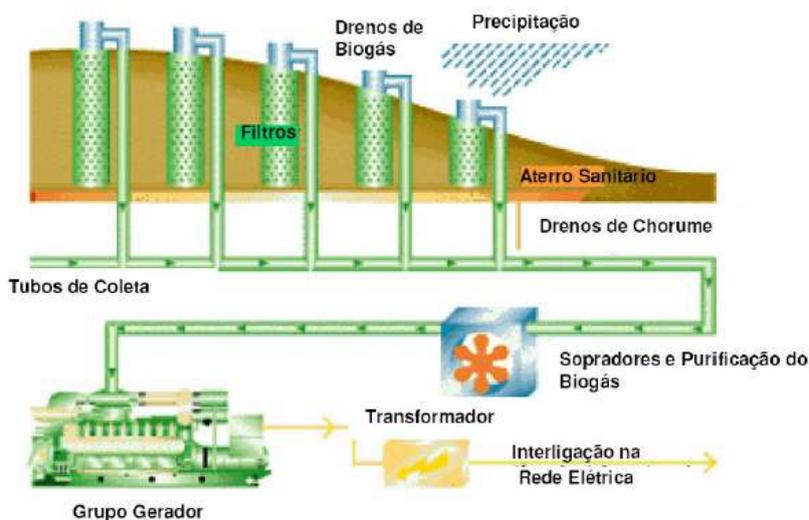


Figura 1: Sistema de captação de biogás e geração de energia elétrica em AS. Fonte: Willumsen, 2001.

METODOLOGIA

A amostra é um subconjunto da população e deve ser selecionada seguindo certas regras de modo que represente as características da população como se fosse uma fotografia desta (Lakatos e Marconi, 1999). A metodologia proposta neste artigo contempla todas as faixas populacionais propostas pelo IBGE (2015), abrangendo assim as diferenças socioeconômicas e culturais existentes entre os municípios de um Estado. A realização da amostragem foi realizada em cinco dias da semana (segunda-feira a sexta-feira), e leva em consideração as eventuais variações existentes na geração de resíduos no domínio do tempo.

Segundo NOVAES e COUTINHO (2009) a técnica de divisão em faixas populacionais é conhecida como estratificação da amostra, ou seja, a divisão em subpopulações denominadas estratos. Este procedimento é indicado quando existe a hipótese de que a população seja composta por subpopulações bem definidas, havendo maior homogeneidade entre as unidades amostrais dentro de cada estrato (no caso do presente trabalho as faixas populacionais), do que entre as unidades amostrais de estratos diferentes.

A Tabela 1 apresenta a estratificação dos municípios, divididos em faixas populacionais definidas, e sua participação no total de municípios atendidos. As faixas do IBGE são apresentadas em termos de população total.

Tabela 1. Estratificação por faixa populacional.
Fonte: Adaptado de IBGE, 2015.

Faixa (habitantes)	Número de municípios da faixa	População atendida	Participação (%)
Até 5000	67	203.929	4%
De 5.001 até 10.000	31	201.908	4%
De 10.001 até 20.000	28	369.812	7%
De 20.001 até 50.000	29	815.529	15%
De 50.001 até 100.000	10	690.704	13%
De 100.001 até 500.000	8	1.715.997	31%
Mais de 500.000	1	1.467.816	27%
TOTAL	174	5.465.695	100%



PREPARAÇÃO DA AMOSTRA, QUARTIS, TRANSPORTE E SEPARAÇÃO

As amostras foram obtidas das cargas dos veículos coletores que ingressam no aterro sanitário. A amostra de resíduo a ser classificada teve um volume de 1,6 m³, isto é, oito tambores metálicos de 200 litros cada.

Os veículos que foram amostrados basculavam sua carga na frente de trabalho do aterro sanitário. Com o auxílio de uma retroescavadeira, foi realizada a homogeneização do RSU. Homogeneizada a carga, divide-se a esta em 4, e se despreza duas partes. Após, realiza-se novamente a homogeneização e a separação até que o volume total do RSU fosse o necessário para completar os tonéis utilizados. Neste ponto eram preenchidos os oito tonéis de 200 litros (1,6m³) que representavam a amostra. Com o auxílio de um veículo de apoio, os tonéis eram transportados ao local de trabalho. No local de trabalho, os tambores eram esvaziados e seu conteúdo separado em: Matéria Orgânica, Papéis e Papelão, Metais, Plásticos, Trapos (Têxteis), Madeira e Aglomerados e outros; e então, pesados em uma balança digital.

Após a separação dos materiais em suas diversas categoria, foi realizada a pesagem individual de cada material. Todos os recipientes de acondicionamento de resíduos foram numerados e tarados antes do início dos trabalhos.

Cada processo de classificação não ultrapassou o tempo de duas horas, devido à perda de peso da matéria orgânica presente no resíduo (evaporação da água contida na matéria orgânica).

As figuras 2 mostra o enchimento dos tambores com o RSU já reduzido através da técnica de quartis, com a ajuda de uma pá carregadeira (a esquerda) e a pesagem dos RSU já separado na área de realização do trabalho (a direita). Observa-se que o RSU foi homogeneizado corretamente, não favorecendo a algum tipo específico de resíduo. Este procedimento foi rigorosamente seguido em todas as amostragens realizadas durante o estudo. Observa-se também a pesagem de um tambor de sacolas plásticas utilizando uma balança eletrônica. Todo o estudo foi realizado sob a supervisão de um apontador, responsável pelas anotações dos valores de resíduo pesado.



Figura 2: Enchimento dos tambores e Pesagem do RSU já separado. Fonte: Autor do Trabalho.

RESULTADOS OBTIDOS

Observou-se em todas as faixas de habitantes que a maior parcela da composição do RSU era formada por matéria orgânica, como já era esperado. Nas cidades com mais de 500.000 habitantes esta parcela é maior que a metade do RSU. Este fenômeno era esperado visto que a capital do Estado é um grande centro urbano, e sendo assim as opções de serviços de alimentação são maiores. Este comportamento também era esperado nas cidades da Região Metropolitana, porém, ao analisar os municípios com uma população entre 100.001 e 500.000 observa-se que este percentual de matéria orgânica é semelhante ao restante dos municípios analisados, ou seja, em torno de 45% na composição total.

Também se observa o salto na geração de resíduos de papel, papelão e jornais nos municípios com faixa populacional compreendido entre 50.001 e 100.000.



Destaca-se ainda o valor expressivo do RSU classificado como “outros”. Neste grupo estão materiais como vidro, espumas e isopor.

A tabela 2 apresenta os resultados da composição (análise gravimétrica) do RSU dos municípios que depositam RSU no aterro sanitário analisado. Os resultados são apresentados através do agrupamento dos municípios em faixas de população com base no censo realizado pelo IBGE (2015). Os resultados numéricos são expressos em porcentagem. A tabela 3 apresenta os valores da composição através de uma média ponderada entre cada faixa de população mostrada na estratificação por faixa populacional. Sua significância foi determinada através da quantidade de habitantes em cada faixa e total de RSU gerado.

Tabela 2. Composição do RSU por faixa de população.

Fonte: Autor do Trabalho.

Faixa (habitantes)	Papéis, Papelão	Metais	Plásticos	Trapos (Têxteis)	Madeira e Aglomerados	Matéria Orgânica	Outros
Até 5000	11,20%	2,10%	17,70%	12,20%	0,40%	53,10%	3,30%
De 5.001 até 10.000	13,90%	2,10%	19,40%	12,70%	0,30%	45,20%	6,40%
De 10.001 até 20.000	11,70%	3,10%	18,30%	15,80%	0,80%	47,00%	3,30%
De 20.001 até 50.000	15,10%	2,40%	17,40%	16,20%	1,10%	44,60%	3,20%
De 50.001 até 100.000	20,60%	3,70%	14,60%	7,90%	1,10%	47,80%	4,30%
De 100.001 até 500.000	15,60%	2,30%	16,70%	13,10%	0,40%	49,70%	2,20%
Mais de 500.000	12,50%	0,60%	15,90%	10,90%	1,30%	55,30%	3,50%

Tabela 3. Composição do RSU geral.

Fonte: Autor do Trabalho.

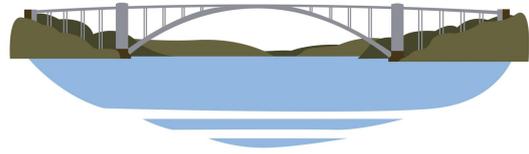
Material	Papéis, Papelão	Metais	Plásticos	Trapos (Têxteis)	Madeira e Aglomerados	Matéria Orgânica	Outros
%	14,83%	2,07%	16,57%	12,45%	0,86%	49,98%	3,23%

CONCLUSÃO

O principal objetivo deste trabalho era obter a composição do RSU de eu Estado. Obviamente este é um trabalho de elevada complexidade, e de igual importância. Qualquer que seja a destinação do RSU, ou tipo de valorização energética, deve partir de uma análise aprofundada da gravimetria do RSU disponível. Neste cerne, o trabalho possui importância singular, já que foi realizado em um aterro sanitário que recebe quase a metade do RSU gerado no Estado. Por receber uma parcela tão significativa, além de receber o RSU de municípios em todas as faixas populacionais, determinadas na Tabela 1, e ainda o RSU da capital, pode-se pressupor que esta análise é uma representação muito próxima da composição total geral do Estado. Ainda, se comparado os resultados com a literatura, observa-se uma redução de matéria orgânica e elevação de plásticos e assemelhados na composição final, ocasionada pela urbanização, êxodo rural e mudança de hábitos da população em geral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil**. 2013.
2. CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa. **Projeto Instalação e Testes de uma Unidade de Demonstração de Geração de Energia Elétrica a partir de Biogás de Tratamento de Esgoto – ENERGBIOG**. Relatório Técnico Final. São Paulo, 2005.
3. ENSINAS, A. V.; BIZZO, W. A. **Estudo da geração de biogás no aterro sanitário Delta em Campinas – SP**. Campinas, 2003. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas – Faculdade de Engenharia Mecânica. 2003.
4. FLECK, Eduardo. **Sistema Integrado por Filtro Anaeróbico, Filtro Biológico de Baixa Taxa e Banhado Construído Aplicado ao Tratamento de Lixiviado de Aterro Sanitário**. Dissertação de Mestrado. UFRGS. 2003.



5. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativa de População para os Municípios do Brasil**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2015/estimativa_tcu.shtm>. Acesso em: 11-mar-2022.
6. IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnostico dos Resíduos sólidos Urbanos. 2012**. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf>. Acesso em: 04-abr-2022
7. LAKATOS, M. E.; MARCONI M. **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1999.
8. NOVAES, Diva Valério; COUTINHO, Cileda de Queiroz e Silva. **Estatística para Educação Profissional**. São Paulo: Atlas, 2009. 200 p.
9. SANTOS, Guilherme Garcia Dias dos. **Análise e Perspectivas de Alternativas de Destinação dos Resíduos Sólidos Urbanos: o Caso da Incineração e da Disposição em Aterro**. Rio de Janeiro, 2011. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.
10. TANGRI, N. **Waste Incineration: A Dying Technology**. 1ª edição. Berkeley. 2003.
11. US EPA - United States Environmental Protection Agency. **Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States: Facts and Figures for 2008**. Novembro de 2009.
12. US EPA - United States Environmental Protection Agency. **Municipal Solid Waste in The United States: 2007 Facts And Figures**. Novembro de 2008.