

## III-198 – COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM MINAS GERAIS NO ANO DE 2015

**Júlia Nunes Costa Gomes<sup>(1)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal de Viçosa, Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais. Analista Ambiental da Fundação Estadual do meio Ambiente.

**Francisco Pinto da Fonseca**

Engenheiro Elétrico pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

**Fabiana Lúcia Costa Santos**

Engenheira Civil pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais. Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG. Analista Ambiental da Fundação Estadual do Meio Ambiente.

**Ana Carolina Rocha Torres**

Estudante de Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais

**Noara Abrantes Meireles**

Engenheira Ambiental pelo Instituto Metodista Isabela Hendrix

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Prédio Minas, 1º Andar. Rodovia João Paulo II, 4143, Bairro Serra Verde - CEP 31630-900 Tel: (31) 3915-1152 - e-mail: [julia.gomes@meioambiente.mg.gov.br](mailto:julia.gomes@meioambiente.mg.gov.br)

### RESUMO

A porcentagem de resíduos compostáveis RSU gerado em Minas Gerais é a mais representativa, dentre as demais categorias, 44,82% em massa. A segunda fração de RSU mais representativa, 30,17%, em massa, é a de recicláveis. E cerca de 9,88% em massa dos RSU gerados no Estado podem ter destinações como co-processamento ou serem reaproveitadas, à exemplo da madeira. Embora cada município possua sua característica própria de geração de resíduos, aproximadamente 85% (em massa) dos resíduos sólidos urbanos gerados em Minas Gerais possuem outras alternativas de destinação que não a disposição final em aterros sanitários. Desta forma, é válido pontuar que, os municípios mineiros, mesmo aqueles que já possuem estrutura para aterrar a totalidade de seus resíduos, devem reavaliar sua rotina operacional em relação aos RSU e propor alternativas de destinação para estes resíduos que não são classificados como rejeitos, aumentando, assim, a vida útil de sua estrutura. Para estes municípios, há ainda a vantagem de redução na geração de chorume e gases se o envio de resíduos orgânicos ao aterro for interrompido. Aqueles municípios que ainda dispõem seus RSU de forma irregular, também precisam reavaliar sua conduta e perceber que, como não precisam aterrar 100% de seus resíduos, a infraestrutura necessária deverá ser diversificada e pode possuir custos de implantação/manutenção bem reduzidos, considerando um mesmo horizonte de projeto. A estimativa de geração de rejeitos de RSU em Minas Gerais é de 15,13%, em massa.

**PALAVRAS-CHAVE:** RSU, PNRS, FEAM, gravimetria.

### INTRODUÇÃO

A composição gravimétrica é um dos parâmetros que podem ser obtidos a partir de um estudo gravimétrico de resíduos sólidos urbanos (RSU) de um município. O estudo gravimétrico identifica as características dos RSU que permitem um adequado planejamento da gestão e gerenciamento de RSU dos municípios, a saber: composição gravimétrica, geração per capita e peso específico, principalmente. Destes, a composição gravimétrica é a etapa mais trabalhosa, cujos dados obtidos permitem um planejamento do gerenciamento dos resíduos voltado para as diretrizes da Lei nº 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS): não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

No contexto da evolução das normativas brasileiras sobre RSU, antes da PNRS, o foco era a melhoria dos níveis de aterramento de resíduos sólidos urbanos, devido às significativas reduções nos impactos ambientais e

sociais associados à disposição a céu aberto. Após a PNRS, considerando que alguns municípios já estão melhores estruturados e com algum conhecimento e prática quanto ao gerenciamento de RSU, não basta dispor os resíduos em aterros sanitários para cumprir a legislação de forma satisfatória, mas sim, buscar exaustivamente alternativas para as diferentes frações do RSU, que não o aterramento.

A composição gravimétrica é um instrumento que permite, além do planejamento, o monitoramento do gerenciamento do RSU. Deve ser executada com maior frequência e em épocas do ano pré-determinadas, para que se crie um banco de dados que permita ao gestor municipal acompanhar o comportamento da população em relação geração do resíduo em quantidade e qualidade em épocas específicas do ano. Quando o município entra em período de férias escolares, por exemplo, é possível monitorar a mudança na geração de RSU e ajustar horários, frequência, equipamentos e funcionários da coleta seletiva, por meio da composição gravimétrica, visando economia de recursos.

O objetivo deste trabalho foi determinar a composição gravimétrica típica dos resíduos sólidos urbanos gerados pela população do estado de Minas Gerais com base em dados auto declaratórios de estudos realizados pelos municípios no ano de 2015.

## **METODOLOGIA**

No ano de 2015, foi realizada uma pesquisa entre os municípios mineiros, na qual, cada município deveria realizar um estudo gravimétrico de seus RSU, incluindo, entre outros parâmetros, a caracterização gravimétrica de acordo com uma metodologia simplificada. Os dados solicitados nesta metodologia de interesse para este estudo foram o peso das amostras (kg) e a composição gravimétrica de amostras coletadas em bairros de baixo poder aquisitivo, médio/alto poder aquisitivo e bairro tipicamente comercial, cujas categorias de resíduos foram estabelecidas de acordo com a Tabela 1.

Após o recebimento das respostas, os dados dos municípios que não cumpriram minimamente a metodologia estabelecida foram descartados. Os critérios de eliminação das amostras foram ano de referência da composição gravimétrica e baixo peso das amostras, determinados por outliers inferiores do conjunto de dados. Os outliers superiores foram mantidos por garantir melhor representatividade dos dados daquele município. A análise dos pesos das amostras removeu os respectivos municípios da continuidade da análise, visto que uma amostra de baixo peso não teria representatividade.

Para obter um valor que representasse a composição gravimétrica do Estado de Minas Gerais, como cada município contribuiu com até 3 amostras, as massas de cada categoria de todas as amostras de um município foram somadas e as porcentagens foram recalculadas, obtendo-se uma única composição gravimétrica por município. Posteriormente foi calculada a média ponderada das porcentagens de categoria de resíduo pela população do município, chegando-se a um valor único que representa o Estado de Minas Gerais.

Por fim, os valores foram analisados quanto ao potencial de destinação e disposição final de acordo com a Tabela 2,

**Tabela 1: Categorias e exemplos de resíduos da composição gravimétrica solicitada pelo Ofício Circular nº003/2015 GERUB.FEAM.SISEMA**

<b>Categoria</b>	<b>Exemplos</b>
Resto de comida	Restos alimentares, cascas de legumes e frutas
Poda	Flores, podas de árvores, grama
Plástico	Sacos, sacolas, embalagens de refrigerantes, água e leite, recipientes de produtos de limpeza, esponjas, isopor, utensílios de cozinha, látex, sacos de rafia
Papel e papelão	Caixas, revistas, jornais, cartões, papel, pratos, cadernos, livros, pastas, embalagens longa vida
Vidro	Copos, garrafas de bebidas, pratos, espelho, embalagens de produtos de limpeza, embalagens de produtos de beleza, embalagens de produtos alimentícios
Metal ferroso	Palha de aço, alfinetes, agulhas, embalagens de produtos alimentícios

**Tabela 1: Categorias e exemplos de resíduos da composição gravimétrica solicitada pelo Ofício Circular nº003/2015 GERUB.FEAM.SISEMA**

<b>Categoria</b>	<b>Exemplos</b>
Metal não-ferroso	Latas de bebidas, restos de cobre, restos de chumbo, fiação elétrica
Pedra, terra, louça e cerâmica	Vasos de flores, pratos, xícaras, restos de construção, terra, tijolos, cascalho, pedras decorativas
Madeira	Caixas, tábuas, palitos de fósforo, palitos de picolé, tampas, móveis, lenha
Couro e borracha	Bolsas de couro, mochilas, sapatos, tapetes, luvas látex, cintos, balões
Têxtil	Aparas, roupas, panos de limpeza, pedaços de tecido, bolsas de pano
Contaminante biológico	Papel higiênico, cotonetes, algodão, curativos, gases e panos com sangue, fraldas descartáveis, absorventes higiênicos, seringas, lâminas de barbear, cabelos, pêlos, embalagens de anestésicos, luvas
Contaminante químico	Pilhas, baterias, medicamentos, lâmpadas, inseticidas, raticida, colas em geral, cosméticos, vidros de esmaltes, embalagens de produtos químicos, latas de óleo de motor, latas com tintas, embalagens pressurizadas, canetas com carga, papel carbono, filme fotográfico
Equipamento eletroeletrônico	Computadores, laptops, celulares, rádios, liquidificadores, mouses, teclados
Diversos	Velas de cera, restos de sabão e sabonete, carvão, giz, pontas de cigarro, rolhas, cartões de crédito, lápis de cera, embalagens metalizadas, sacos de aspirador de pó, lixas e outros materiais de difícil identificação

**Tabela 2: Agrupamento das categorias de resíduos por potencial de destinação e disposição final**

<b>Potencial de destinação e disposição final</b>	<b>Categoria</b>	<b>Potencial de destinação e disposição final</b>	<b>Categoria</b>
Compostáveis	Resto de comida	Reaproveitáveis	Pedra, terra, louça e cerâmica
	Poda		Madeira
Recicláveis	Plástico		Couro e borracha
	Papel e papelão		Têxtil
	Vidro		Contaminante químico
	Metal ferroso		Equipamento eletroeletrônico
	Metal não-ferroso		Contaminante biológico
		Rejeitos	Diversos

## RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA

### Coleta de dados

Todos os municípios do Estado de Minas Gerais foram convidados a participar da pesquisa, entretanto, foi constatada baixa adesão e alta taxa de respostas incompletas e com divergências metodológicas, que justificaram a eliminação de dados de alguns municípios. Apenas 198 municípios enviaram dados que puderam ser aproveitados nesta pesquisa. Entretanto, dados de 28 município foram eliminados após análises técnicas e estatísticas. Desta forma, os resultados foram obtidos a partir de dados auto-declaratórios de 170 municípios.

### Representatividade das respostas

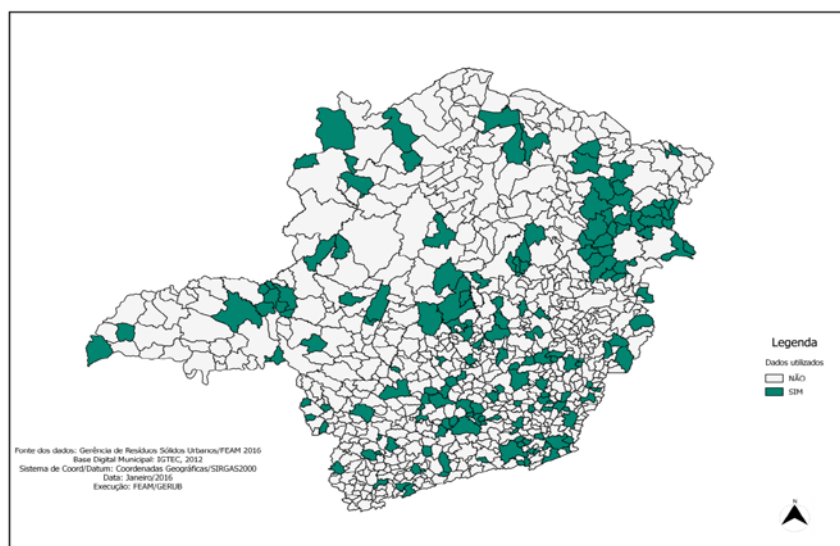
Não é possível afirmar que os dados são aleatórios, visto que não se sabe o motivo da baixa adesão de respostas, no entanto, a representatividade dos 170 municípios participantes quanto à população urbana e distribuição no território mineiro foi considerada satisfatória dentro dos limites da pesquisa.

Na Tabela 3, observa-se que todas as faixas populacionais estão representadas. Apenas a faixa entre 5.001 a 20.000 habitantes possui proporção de municípios inferior a 20%.

**Tabela 3: Total de municípios do Estado de Minas Gerais por faixa populacional segundo o Censo Demográfico de 2010 do IBGE e de municípios participantes da pesquisa.**

Faixa por número de habitantes	Número de municípios no Estado	Número de municípios participantes	Percentual em relação à cada faixa do estado (%)
Até 2.000	20	5	25,0
2.001 até 5.000	229	49	21,4
5.001 até 10.000	265	46	17,4
10.001 até 20.000	173	31	17,9
20.001 até 50.000	106	25	23,6
50.001 até 100.000	37	9	24,3
100.001 até 500.000	20	4	20,0
Acima de 500.000	3	1	33,3
<b>Total</b>	<b>853</b>	<b>170</b>	<b>19,9</b>

A distribuição espacial pode ser observada na Figura 1. Para facilitar o entendimento, na Tabela 4 temos o número de municípios participantes por territórios administrativos. Apenas um território não foi contemplado na pesquisa com dados válidos, o território 8 - Vale do Aço, entretanto, visualmente, percebe-se que há grande alcance e distribuição dos dados no território mineiro. Os territórios com maior representatividade foram 04–Mucuri e 12–Mata, com mais de 20 municípios com dados válidos, cada.



**Figura 1: Distribuição dos 170 municípios cujos dados foram utilizados para a obtenção da geração per capita do estado de Minas Gerais**

**Tabela 4: Distribuição dos municípios cujos dados puderam ser aproveitados por território.**

Território	Nº de Municípios	Território	Nº de Municípios
01 - Noroeste	10	10 - Oeste	9
02 - Norte	7	11 - Caparaó	13
03 - Médio e Baixo Jequitinhonha	8	12 - Mata	22
04 - Mucuri	23	13 - Vertentes	14
05 - Alto Jequitinhonha	5	14 - Sul	15
06 - Central	5	15 - Sudoeste	5
07 - Vale do Rio Doce	2	16 - Triângulo Norte	8
08 - Vale do Aço	-	17 - Triângulo Sul	5
09 - Metropolitano	19		

### Composição gravimétrica

A composição gravimétrica típica do Estado de Minas Gerais pode ser observada na segunda coluna da Tabela 5. Pode-se observar que, a categoria de resíduos mais expressiva é a de resto de comida, enquanto a menos expressiva, seriam os equipamentos eletrônicos. Entretanto, ambas as categorias possuem alternativas de destinação final que não a disposição final em aterros sanitários. Neste sentido, embora cada município possua sua característica própria de geração de resíduos, os valores expostos na quarta coluna da Tabela 5 demonstram que, aproximadamente 85% (em massa) dos resíduos sólidos urbanos gerados em Minas Gerais possuem alternativas de destinação que não a disposição final em aterros sanitários em consonância com as diretrizes da PNRS.

**Tabela 5: Composição gravimétrica (%) do Estado de Minas Gerais.**

Categoria do resíduo	Composição gravimétrica (%)	Agrupamentos	Proporção por destinação ou disposição final (%)
Resto de comida	39,24	Compostáveis	44,82
Poda	5,58		
Plástico	13,58	Recicláveis	30,17
Papel e papelão	11,52		
Vidro	2,66		
Metal ferroso	1,31		
Metal não-ferroso	1,08		
Pedra, terra, louça e cerâmica	3,05	Reaproveitáveis	9,88
Madeira	0,88		
Couro e borracha	1,06		
Têxtil	3,38		
Contaminante químico	0,87		
Equipamento eletroeletrônico	0,64	Rejeito	15,13
Contaminante biológico	11,69		
Diversos	3,44		
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>100</b>

Desta forma, é preciso pontuar que, os municípios mineiros, inclusive aqueles que já possuem estrutura para aterrar a totalidade de seus resíduos, devem reavaliar sua rotina operacional em relação aos resíduos sólidos urbanos e propor alternativas de destinação para estes resíduos que não são classificados como rejeitos, aumentando, assim, a vida útil de sua estrutura. Para estes municípios, há ainda a vantagem de redução na geração de chorume e gases se o envio de resíduos orgânicos ao aterro for interrompido. Neste contexto é possível observar alguns dos benefícios que os municípios mineiros terão ao se adequarem à PNRS.

Para os municípios que ainda dispõem seus RSU de forma irregular, as diretrizes da PNRS também resultam em fatores positivos. Avaliando-se o grande valor em massa de resíduos que não precisam ser aterrados, os gestores municipais devem perceber que, como não podem aterrar 100% de seus resíduos para respeitar as diretrizes da PNRS, a infraestrutura necessária para uma boa gestão dos resíduos deverá ser diversificada e pode possuir custos de implantação/manutenção bem reduzidos, considerando um mesmo horizonte de projeto. Exemplificando-se, com uma quantidade menor de material a ser aterrado, ao invés de um aterro sanitário de grande porte, o município pode necessitar de apenas um aterro sanitário de pequeno porte associado à uma unidade de triagem de materiais recicláveis e unidade de compostagem de resíduos orgânicos. Há, ainda, um novo cenário em que se deve verificar a viabilidade de inclusão em consórcio com aterro sanitário já existente nas proximidades do município. Haja vista que os resíduos a serem aterrados terão significativamente menor teor de material orgânico e consideravelmente menor massa, a frequência de envio de resíduos pode ser reduzida e o custo total de aterramento também, de forma que se deve reavaliar a viabilidade de inserir-se em consórcio de aterro sanitário para a disposição final apenas dos rejeitos.

## **CONCLUSÕES**

A composição gravimétrica de RSU, dividida em 15 categorias, do Estado de Minas Gerais é:

Resto de comida: 39,24%	Madeira: 0,88%
Poda: 5,58%	Couro e borracha: 1,06%
Plástico: 13,58%	Têxtil: 3,38%
Papel e papelão: 11,52%	Contaminante químico: 0,87%
Vidro: 2,66%	Equipamento eletroeletrônico: 0,64%
Metal ferroso: 1,31%	Contaminante biológico: 11,69%
Metal não-ferroso: 1,08%	Diversos: 3,44%
Pedra, terra, louça e cerâmica: 3,05%	

A porcentagem de resíduos compostáveis presentes no RSU ainda é a mais representativa, 44,82% em massa, no Estado de Minas Gerais. Sendo esta a fração do RSU que causa maiores impactos ambientais e sociais negativos, os municípios mineiros devem atuar para mitigá-los.

A segunda fração de RSU mais representativa, 30,17%, em massa, é a de recicláveis. Sendo esta a fração de RSU com maior fluidez na comercialização, os gestores municipais devem atuar neste sentido para viabilizar financeiramente, ao menos parcialmente, os custos da diversificação do gerenciamento de RSU em consonância com a PNRS.

Cerca de 9,88% em massa dos RSU gerados no Estado podem ter destinações como co-processamento ou serem reaproveitadas, à exemplo da madeira.

Logo, percebe-se que cerca de 85% em massa do RSU gerado em Minas Gerais tem alternativas de destinação final em detrimento à disposição em aterro sanitário e apenas 15,13% em massa dos RSU necessita ser aterrados.

Por fim, foi possível demonstrar, em discussão, que implantar as diretrizes da PNRS traz benefícios para os municípios e que a composição gravimétrica é um instrumento essencial para o planejamento e monitoramento do gerenciamento do RSU, bem como sua análise e interpretação pode apontar a economia de recursos despendidos pelo município neste gerenciamento.

## **AGRADECIMENTO**

Os autores agradecem à FAPEMIG o apoio financeiro para participar desse evento.

## **RECOMENDAÇÕES**

Recomenda-se a continuidade da pesquisa para formação de base de dados sobre os resíduos gerados pelos mineiros e suas variações ao longo do tempo; aprimoramento da coleta de dados (capacitação dos municípios); e, a análise da composição gravimétrica por faixa populacional.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. BRASIL. Lei Federal nº 12.305 de 2 de agosto de 2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos).