

## III-208 - CARACTERIZAÇÃO GRAVIMÉTRICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS: ESTUDO DE CASO DE UM MUNICÍPIO MINEIRO DE MÉDIO PORTE

**Rosana Oliveira Menezes<sup>(1)</sup>**

Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF/MG

**Samuel Rodrigues Castro<sup>(1)</sup>**

Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF/MG -

[samuel.castro@ufjf.edu.br](mailto:samuel.castro@ufjf.edu.br)

**Gisele Pereira Teixeira<sup>(2)</sup>**

Departamento Municipal de Limpeza Urbana – DEMLURB – Juiz de Fora/MG

**Marco Aurélio Miguel Silva<sup>(2)</sup>**

Departamento Municipal de Limpeza Urbana – DEMLURB – Juiz de Fora/MG

**Jonathas Batista Gonçalves Silva<sup>(1)</sup>**

Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora – UFJF/MG

### RESUMO

Grande parte dos resíduos coletados nos municípios brasileiros ainda são destinados de forma inadequada, resultando em diversos transtornos à qualidade de vida e saúde pública. Dessa forma, a determinação da composição gravimétrica dos resíduos do município é um importante instrumento de gestão integrada, uma vez que permite conhecer quantitativamente as frações geradas. As dificuldades de elaboração de modelos eficientes de gestão, provêm, principalmente, da falta de informações sobre a realidade local. Neste sentido, o presente estudo tem por objetivo analisar estatisticamente a composição gravimétrica dos resíduos sólidos domésticos gerados no município de Juiz de Fora-MG, em função de amostras representativas das 7 regiões urbanas do município. A coleta de dados primários de composição gravimétrica foi realizada pelo Departamento Municipal de Limpeza Urbana que, posteriormente, em parceria com a Universidade Federal de Juiz de Fora, realizou uma análise estatística dos dados levantados. A análise dos dados foi pautada em testes estatísticos de hipóteses à 5% de significância em avaliações comparativas. Os resultados da análise gravimétrica indicaram que a fração de orgânicos corresponde à 43,81% dos resíduos gerados no município, 31,74% são passíveis de reciclagem, 14,36% é composto por resíduos potencialmente contaminantes e 10,10% são rejeitos diversos. Observou-se uma tendência de maior geração da fração de recicláveis em regiões com domicílios de maior poder aquisitivo e grau instrucional, enquanto em regiões com predomínio de famílias com menor poder aquisitivo e grau instrucional há um aumento da fração de orgânicos. A grande incidência de resíduos orgânicos e recicláveis no município evidenciam um potencial a ser explorado apontando a necessidade de reavaliação da estrutura da coleta seletiva e possível instalação de uma usina de compostagem e/ou outras destinações, mediante estudo de viabilidade técnica e econômica. Espera-se, portanto, que este estudo auxilie o poder público local e instituições competentes relacionadas, na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos do município de Juiz de Fora, norteando o planejamento e dimensionamento de sistemas de coleta, tratamento e destinação de resíduos, bem como de projetos de educação ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gravimetria, Resíduos Sólidos Domésticos, Gestão de resíduos, Análise Estatística.

### INTRODUÇÃO

As questões relacionadas aos resíduos sólidos (RS) gerados por atividades humanas têm se tornado alvo de grandes preocupações ambientais. O aumento da geração dos resíduos está diretamente relacionado ao crescimento exponencial da população, ao rápido e desordenado processo de urbanização, ao desenvolvimento tecnológico e industrial e, conseqüentemente, ao aumento do poder aquisitivo e mudança nos padrões de consumo da sociedade (OENNING et al., 2012). Esses fatores resultam em um incremento na demanda de bens e serviços que, por sua vez, irão gerar uma grande quantidade de resíduos sólidos que, se dispostos de forma incorreta, irão representar grandes riscos à saúde e bem-estar da população, bem como ao meio ambiente (FRANCO, 2012).

No Brasil, a disposição dos resíduos no solo sem qualquer critério técnico para preservação do meio ambiente, é ainda uma prática muito comum. Sabe-se que ainda nos dias de hoje, grande parte dos resíduos produzidos

no Brasil, são dispostos em lixões ou em aterros controlados (ABRELPE, 2014). Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em seu Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil referente ao ano de 2014, 41,6% dos resíduos coletados no Brasil foram destinados de forma incorreta, valor correspondente à 81 mil toneladas diárias de resíduos que ainda são encaminhados aos lixões e aterros controlados. De acordo com o mesmo panorama, em Minas Gerais, cerca de 90,8% dos resíduos gerados foram coletados, sendo que destes, 35,4% tiveram uma destinação incorreta, valor correspondente à 6 mil toneladas diárias (ABRELPE, 2014).

A correta destinação destes resíduos é um grande desafio enfrentado pela sociedade brasileira nos dias de hoje. A disposição inadequada dos resíduos propicia a contaminação do ar, solo e das águas superficiais e subterrâneas; além da proliferação de vetores e doenças, comprometendo assim o bem-estar social e do meio ambiente (ALCÂNTARA, 2010). Neste sentido, pode-se destacar como marco legal a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010, onde são reunidos o conjunto de princípios, objetivos, diretrizes, instrumentos, metas e ações para a gestão integrada e gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

O gerenciamento dos resíduos sólidos deve-se iniciar pela sua caracterização, uma vez que esta possibilita uma maior compreensão acerca da quantidade e qualidade dos resíduos, bem como das variabilidades às quais estão sujeitos. De acordo com Monteiro et al. (2001), a composição gravimétrica ou composição física é uma forma de conhecer a composição dos resíduos sólidos de uma determinada localidade, uma vez que traduz o percentual de cada componente de uma amostra de resíduos em relação ao montante total amostrado. Ainda segundo o mesmo autor, a composição dos resíduos pode variar de uma localidade para outra em função de características sociais, econômicas, culturais, geográficas e climáticas.

A obtenção da composição gravimétrica de uma determinada localidade é de grande importância para a avaliação da possibilidade de aproveitamento comercial das frações recicláveis bem como da fração orgânica para a produção de composto orgânico. Além disto, quando realizada por regiões de uma cidade, permite a determinação justa de tarifas de coleta, necessidade de rotas de coleta seletiva e o correto dimensionamento das mesmas, bem como das rotas convencionais (MONTEIRO et al., 2001).

O conhecimento da composição e da quantidade dos resíduos gerados é de extrema importância para o município uma vez que, permitem dimensionar os problemas relacionados aos RS e, assim, buscar práticas que os minimizem. Além disto, a caracterização gravimétrica subsidia a elaboração de qualquer programa ou projeto relacionado aos RS, sendo, portanto, um importante instrumento de gestão integrada para o município (STREB, 2010).

O presente trabalho tem por objetivo caracterizar gravimetricamente os resíduos sólidos domiciliares (RSD) gerados no município de Juiz de Fora/MG, considerado de médio porte, bem como realizar análises estatísticas acerca dos dados obtidos, tomando como base as 7 regiões urbanas do município: norte, sul, leste, oeste, centro, sudeste e nordeste.

## **METODOLOGIA**

O município de Juiz de Fora está localizado na mesorregião Zona da Mata Mineira, na região sudeste do Brasil, no estado de Minas Gerais, a uma latitude de 21° 41' 20" sul e longitude 43° 20' 40" oeste. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) a cidade ocupa uma área de aproximadamente 1.436 km<sup>2</sup>, possui densidade demográfica de 359,59 hab.km<sup>-2</sup> e conta com uma população de pouco mais de 500 mil habitantes (IBGE, 2010). Segundo a classificação climática de W. Köppen, o município possui um clima tropical de altitude, caracterizado por verões quentes e predominantemente chuvosos, e invernos secos com baixas temperaturas (CESAMA, 2010).

O Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DEMLURB), órgão responsável pelo gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no município de Juiz de Fora, elaborou e executou o presente estudo de caracterização gravimétrica, uma parceria com o Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Juiz de Fora, que analisou estatisticamente os dados levantados.

O levantamento dos dados foi feito com base na amostragem dos resíduos sólidos domiciliares do município de Juiz de Fora em bairros previamente selecionados, contemplando as 7 regiões urbanas do município, no período de maio a setembro de 2015.

### **Amostragem**

De acordo com estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 2010, obteve-se informações acerca do número de habitantes de cada bairro da cidade de Juiz de Fora/MG, bem como de suas respectivas rendas domiciliares.

De posse destes dados, calculou-se a renda domiciliar média de cada uma das 7 regiões urbanas de Juiz de Fora/MG, ponderada pelo número de habitantes, a fim de nortear a classificação dos bairros em classes sociais alta, média e baixa. O cálculo baseou-se na razão do somatório do produto entre o número de habitantes e a renda domiciliar de cada bairro, pelo somatório do número de habitantes da região.

Feito isto, determinou-se que todas as regiões do município seriam contempladas e a seleção dos bairros para amostragem seria da seguinte forma: um bairro de renda média e outros dois bairros, um de renda alta e outro de renda baixa, balizados pela renda domiciliar média de cada região. Foram selecionados um total de 21 bairros para amostragem. Na Tabela 1 estão apresentados os bairros selecionados para amostragem, além das respectivas regiões, número de habitantes, renda domiciliar e classificação social.

**Tabela 1: Bairros contemplados pela amostragem.**

<b>REGIÃO</b>	<b>BAIRRO</b>	<b>POPULAÇÃO*</b>	<b>RENDA DOMICILIAR*</b>	<b>CLASSE SOCIAL</b>
Sudeste	Nossa Senhora de Lourdes	7.762	R\$ 2.036,30	Alta
	Vila Furtado de Menezes	2.562	R\$ 1.738,70	Média
	Vila Olavo Costa	4.391	R\$ 1.154,50	Baixa
Sul	Teixeiras	6.940	R\$ 3.205,27	Alta
	Ipiranga	16.045	R\$ 1.725,99	Média
	Santa Efigênia	7.669	R\$ 1.441,35	Baixa
Oeste	Morro do Imperador	1.499	R\$ 13.284,51	Alta
	Aeroporto	2.168	R\$ 5.246,43	Média
	São Pedro	14.641	R\$ 2.483,43	Baixa
Centro	Bom Pastor	6.772	R\$ 7.433,81	Alta
	Alto dos Passos	4.855	R\$ 4.703,91	Média
	Vila Ozanan	1.611	R\$ 1.696,13	Baixa
Leste	São Bernardo	3.649	R\$ 3.222,90	Alta
	Bonfim	2.917	R\$ 2.038,33	Média
	Santa Rita de Cássia	6.159	R\$ 1.310,19	Baixa
Nordeste	Bom Clima	786	R\$ 7.610,12	Alta
	Eldorado	6.106	R\$ 2.154,95	Média
	Granjas Bethânia	3.975	R\$ 1.496,25	Baixa
Norte	Carlos Chagas	1.818	R\$ 2.461,28	Alta
	Benfica	23.045	R\$ 1.781,90	Média
	Jardim Natal	5.177	R\$ 1.408,19	Baixa

Nota: \* Dados IBGE (2010)

A fim de não interferir nos hábitos da população residente nos bairros selecionados, ficou determinado que a rota para amostragem dos resíduos seria no mesmo dia e anterior à de coleta convencional do município. Além disto, as amostras coletadas foram transportadas em caminhão caçamba para evitar que o resíduo sofresse qualquer tipo de compactação.

Objetivando-se maior representatividade dos dados, estabeleceu-se que a amostragem de cada bairro seria feita em triplicata, em dias distintos - segunda, quarta e sexta ou terça, quinta e terça da semana subsequente.

Evitou-se o recolhimento de amostras indevidamente acondicionadas e coletas em dias de chuvas forte. Determinou-se, ainda, que as coletas fossem realizadas seguindo um padrão de alternância de 3:1 (três para um), ou seja, a cada amostra coletada, duas outras subsequentes foram ignoradas.

### **Caracterização gravimétrica**

A metodologia adotada, bem como a determinação da composição gravimétrica e densidade, foi adaptada das especificações técnicas estabelecidas no Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos elaborado pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal - IBAM (MONTEIRO et al., 2001). Além disso, o estudo teve como base orientações da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM, 2015) e trabalhos semelhantes desenvolvidos para outros municípios do país (COSTA et. al, 2012; OENNING et. al, 2012; CAMPOS, 2012).

Após a coleta, os resíduos foram depositados sobre superfície impermeabilizada e revolvidos com auxílio de enxadas e garfos, até obtenção de monte único e homogêneo. A partir deste, realizou-se a técnica de quarteramento para a obtenção de uma amostra com volume de, aproximadamente, 1 m<sup>3</sup>, evitando-se compactações dos resíduos, que posteriormente foram encaminhados a uma triagem manual.

Os resíduos foram separados em 20 categorias diferentes, conforme classificação proposta por FEAM (2015), sendo elas: restos de comida; poda; plástico rígido, filme e PET; papel fino e papelão; tetra pak; ferro, alumínio e outros; vidro; material inerte; madeira; borracha; tecido; couro; contaminantes biológico e químico; eletrônicos e rejeitos diversos. As frações foram pesadas separadamente com auxílio de uma balança mecânica.

De posse da massa das frações segregadas, foi possível determinar o percentual de cada uma delas em relação ao montante total, obtendo-se, assim, a gravimetria de cada bairro amostrado. Utilizando a massa das frações e o volume líquido dos resíduos, foi possível, ainda, o cálculo da densidade das amostras.

### **Tratamento estatístico dos dados**

Utilizando-se do software STATISTICA 8.0 (StatSoft, 2007), realizou-se uma análise estatística dos dados obtidos em campo, considerando o nível de significância igual a 5% na realização dos testes.

Primeiramente, verificou-se a distribuição dos dados, se as mesmas se ajustariam a uma distribuição normal; para tanto, realizou-se o teste de normalidade Shapiro-Wilk (SW) com análise descritiva do conjunto de dados. Este método resulta em um histograma em que a forma de sino caracteriza a distribuição Normal ou Gaussiana (TORMAN, COSTER e RIBOLDI, 2012). Neste teste, foram consideradas as frações de orgânicos e recicláveis das 7 regiões devido a estas serem majoritárias em todas as amostras e, conseqüentemente, de maior interesse.

Verificada a normalidade de ambas as frações, realizou-se o teste paramétrico de análise de variância de classificação simples (Oneway ANOVA), que comparou as médias das frações de orgânicos e recicláveis das regiões, avaliando a existência de diferenças significativas entre as mesmas, adotando-se um nível de confiança de 95%. Para realização destes testes, foi feita uma análise crítica estabelecendo o limite de dois desvios padrão para identificação e expurgo de *outliers*, comumente encontrados em conjuntos de dados ambientais (MILLER, 1993).

Para um maior detalhamento das diferenças encontradas entre duas médias específicas, utilizou-se o método de comparação múltipla Tukey, estabelecendo diferentes valores de significância ( $\alpha$ ) na avaliação de contrastes mais significativos (OLIVEIRA, 2008). As informações dos testes (ANOVA e Tukey) foram plotadas em Box Plot para a representação gráfica dos resultados.

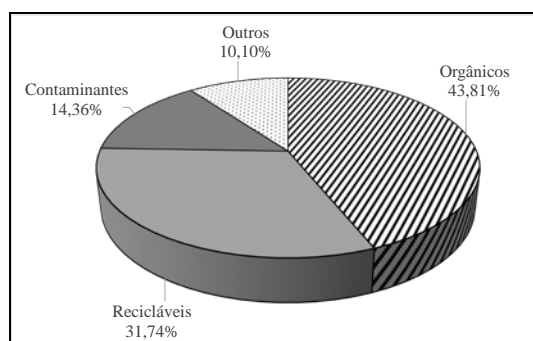
Os resultados obtidos podem balizar proposições no planejamento da gestão de resíduos sólidos domésticos no município, além de contribuir na avaliação da eficiência das ferramentas de controle e manejo adotadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontram-se apresentados resultados da caracterização gravimétrica dos RSD para as 7 regiões urbanas do município de Juiz de Fora/MG, em função das classes sociais. Verifica-se ainda na mesma tabela, os resultados de densidade, com a obtenção de um valor médio de aproximadamente  $115 \text{ kg.m}^{-3}$ .

Segundo Barros (2012), a densidade média dos resíduos sólidos soltos no Brasil pode apresentar uma faixa de variação entre  $120$  e  $250 \text{ kg.m}^{-3}$ . O valor obtido no estudo encontra-se abaixo da média nacional, indicando uma grande contribuição da fração de recicláveis e/ou uma menor incidência da fração de orgânicos. Ainda segundo este autor, à medida que a produção de resíduos vai se sofisticando, sua densidade solta média diminui em função do incremento no quantitativo de embalagens e objetos volumosos, somado à diminuição de material orgânico, conforme o padrão de países desenvolvidos.

Ao analisar os resultados obtidos na caracterização gravimétrica, foi possível perceber que as frações que apresentaram o maior percentual em todas as 7 regiões, ou seja, as mais representativas, foram a de orgânicos, composta por restos de comida e poda, e a fração de recicláveis, composta por plástico, papel, metal e vidro. Seguida as estas frações, a fração com maior percentual é a de contaminantes, composta pelos contaminantes químicos e biológicos além dos eletroeletrônicos. Segundo Williamson (1973) contaminante é qualquer substância adicionada ao meio ambiente que cause um desvio em sua composição geoquímica média, tornando-se um poluente a partir do momento que cause um efeito adverso ao meio. Consolidou-se os resultados destas frações, em um único gráfico (Figura 1) para a cidade de Juiz de Fora/MG, com a representação das frações de orgânicos, recicláveis, contaminantes e outros.



**Figura 1: Caracterização gravimétrica referente às frações orgânicos, recicláveis, contaminantes e outros para o município de Juiz de Fora/MG.**

A partir da análise do gráfico apresentado na Figura 1, é possível observar que a fração média de orgânicos representa 43,81% do total de resíduos amostrados no município e que a mesma se encontra abaixo da estimativa nacional que é de aproximadamente 50% (BRASIL, 2012; SNIS 2016). Além disto, o maior percentual médio observado desta fração foi na região Sudeste e o menor na região Leste, sendo eles, respectivamente, 48,15% e 39,34%.

A fração de recicláveis também foi expressiva, representando 31,74% do total de resíduos amostrados e, comparativamente à média nacional que é de, aproximadamente, 30%, percebe-se que há uma grade proximidade entre os valores (BRASIL, 2012; SNIS 2016). Dentre os recicláveis a fração mais expressiva é o plástico, representando, em média, 15,95% do total de resíduos. Estas análises evidenciam um potencial a ser explorado, além da necessidade de reavaliação da estrutura da coleta seletiva no município.

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) mais de 200 mil toneladas de resíduos foram coletadas em 2014 na cidade de Juiz de Fora/MG, sendo que destes, apenas 0,23% foram recuperados via coleta seletiva (SNIS, 2014). Tal percentual encontra-se bem abaixo da média nacional para o mesmo ano, uma vez que, do total de 64,4 milhões de toneladas de resíduos coletados no país, 3,9% foram encaminhados para unidades de triagem e compostagem (SNIS, 2014). As principais justificativas apontadas para tal resultado na cidade de Juiz de Fora/MG, são as transferências de responsabilidades entre empresas, sociedade, catadores e prefeitura, além da falta de adesão e comprometimento da população (ARÉAS, 2016). Segundo o DEMLURB o baixo percentual também é consequência de dificuldades na obtenção de dados de coleta seletiva realizadas por outros meios e associações.

**Tabela 2: Caracterização gravimétrica em função das diferentes regiões urbanas e respectivas classes sociais.**

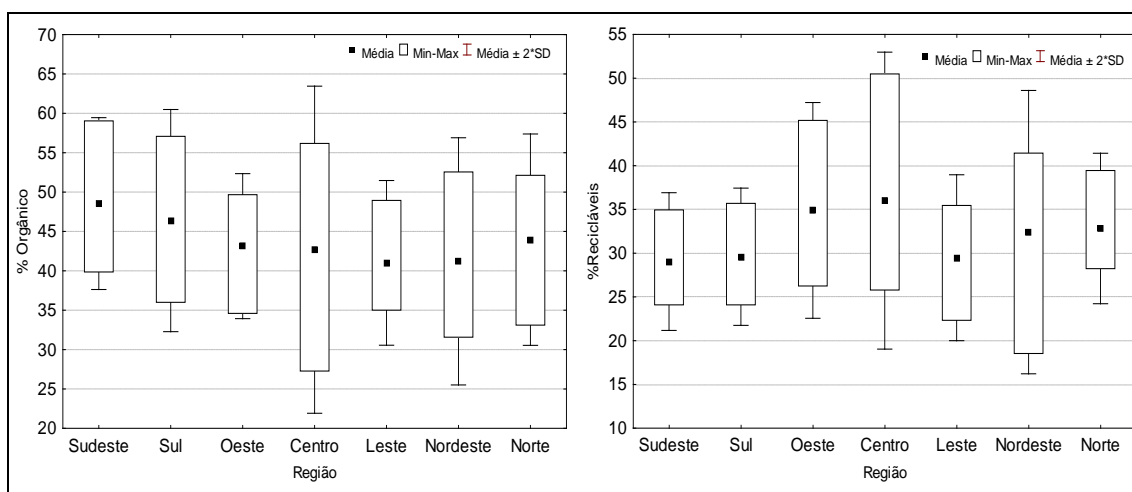
Região	Classe Social	Densidade (kg.m <sup>-3</sup> )	Frações (%)			
			Orgânicos	Recicláveis	Contaminantes	Outros
			Resíduos de Comida Podas	Plástico (filme, rígido, PET) Papel (papelão, tetra pak) Metal (ferroso, alumínio, outros) Vidro	Biológicos Químicos Resíduos Eletroeletrônicos	Inertes Madeira Borracha Tecidos Couro Diversos
Sudeste	Alta	114,2 ± 4,9	49,8 ± 2,7	29,8 ± 3,1	12,9 ± 4,8	7,4 ± 2,2
	Média	104,1 ± 9,2	45,9 ± 5,3	27,9 ± 3,5	16,3 ± 2,2	9,8 ± 4,5
	Baixa	131 ± 36	49,9 ± 8,2	24,9 ± 9,6	16,1 ± 4,3	9,1 ± 3,3
Sul	Alta	88 ± 11	47 ± 11	35,2 ± 8,7	11,5 ± 3,6	6,5 ± 3,0
	Média	112,1 ± 7,7	43,7 ± 4,8	31,2 ± 4,4	13,5 ± 3,7	11,5 ± 4,0
	Baixa	128 ± 29	48,5 ± 6,8	27,6 ± 5,0	14,2 ± 2,4	9,69 ± 0,63
Oeste	Alta	114 ± 14	42,9 ± 1,8	37,2 ± 7,6	13,7 ± 7,5	6,1 ± 2,4
	Média	109 ± 13	44,1 ± 8,3	34,6 ± 4,7	14,0 ± 4,2	7,4 ± 2,0
	Baixa	102 ± 13	42,4 ± 3,3	32,9 ± 7,6	16,1 ± 2,7	8,6 ± 3,1
Centro	Alta	125 ± 11	44 ± 15	37 ± 12	9,66 ± 0,66	9,4 ± 3,5
	Média	110,2 ± 7,2	42,8 ± 7,4	37,9 ± 7,1	12,97 ± 0,71	6,3 ± 1,1
	Baixa	118 ± 20	42 ± 12	32,8 ± 9,0	12,33 ± 0,40	13,3 ± 8,2
Leste	Alta	113 ± 11	43,0 ± 5,7	33,7 ± 1,6	12,1 ± 1,3	11,3 ± 6,8
	Média	122,2 ± 4,7	31,8 ± 8,3	29,6 ± 5,1	16,0 ± 2,3	22,7 ± 6,4
	Baixa	133 ± 22	42,1 ± 5,8	24,4 ± 2,6	19,9 ± 4,0	13,6 ± 4,8
Nordeste	Alta	109 ± 13	43,1 ± 8,2	37,9 ± 5,2	11,3 ± 3,2	7,8 ± 1,5
	Média	126 ± 16	40,2 ± 7,6	29,5 ± 6,0	13,8 ± 1,6	16,5 ± 2,3
	Baixa	131 ± 21	40 ± 11	30 ± 11	20,8 ± 1,2	9,0 ± 4,2
Norte	Alta	111,5 ± 2,6	39,4 ± 5,6	33,8 ± 3,4	18,1 ± 5,0	8,7 ± 1,6
	Média	103 ± 11	42,5 ± 7,3	35,1 ± 6,0	15,15 ± 0,72	7,3 ± 2,1
	Baixa	118 ± 22	50,0 ± 2,7	29,6 ± 1,2	10,5 ± 2,9	9,9 ± 1,8

Nota: Média ± Desvio Padrão



Os resultados do teste de verificação de normalidade *Shapiro-Wilk* para as frações de orgânicos e recicláveis das 7 regiões, indicaram que, em ambas, a distribuição dos dados segue a normalidade ( $p > 0,05$ ) e, conseqüentemente, tomou-se a média aritmética dos dados como medida de tendência central.

A análise de variância não apontou diferença significativa entre as médias das frações a 5% de significância. Porém, ao considerar um nível de significância igual a 26% para a fração de orgânicos, tem-se a primeira diferença significativa que, de acordo com o teste de Tukey, ocorre entre as regiões Sudeste e Nordeste. Já para a fração de recicláveis tem-se que a primeira diferença significativa ocorre se adotar significância de 11% e que esta ocorre entre as regiões Sudeste e Centro. Desse modo, observa-se que a região Sudeste se destacou com valores extremos para ambas as frações, apresentando maior percentual de orgânicos, 48,15%, e menor percentual de recicláveis, igual a 27,74%. Ressalta-se que na realização destes testes considerou-se o expurgo de 3 valores de *outliers*, procedimento comumente adotado na determinação de valores de referência (BARBOUR et al., 2006). As análises descritas encontram-se representadas graficamente na Figura 2.



**Figura 2: Box Plot comparativo para as 7 regiões: (a) Orgânicos; (b) Recicláveis.**

A partir da interpretação da Figura 2, observa-se que a variação entre mínimos e máximos pode ser considerada grande, sendo que isto se deve ao fato das amostragens realizadas em uma mesma região contemplarem bairros com diferentes características socioeconômicas.

Além disto, é possível observar que o maior percentual de recicláveis concentra-se no centro da cidade (36,01%) e que a mesma região possui um baixo percentual de orgânicos comparativamente a outras regiões, corroborando o fato de que a geração de materiais recicláveis em bairros com forte influência comercial e grande fluxo de pessoas é proporcionalmente maior do que a de resíduos orgânicos e rejeitos (STEINER, 2010). A região Oeste possui o segundo maior percentual de recicláveis (34,63%), o que pode ser explicado devido à presença de condomínios e residências de alto padrão no bairro Morro do Imperador, contemplado na amostragem, uma vez que, em regiões com predomínio de famílias com alto poder aquisitivo e grau instrucional, existe uma tendência ao aumento da geração de materiais recicláveis (COSTA, 2012).

De modo análogo, percebe-se que a região Sudeste detém o maior percentual de orgânicos (48,15%), seguida da região Sul (46,15%), fato que pode ser associado à estas regiões possuírem as menores rendas médias domiciliares da cidade de Juiz de Fora, uma vez que, existe uma tendência ao aumento da incidência da fração de orgânicos em regiões com predomínio de famílias de baixo poder aquisitivo e grau instrucional (COSTA, 2012).

## CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A análise dos resultados da caracterização dos RSD permitiu verificar que, seguindo a tendência nacional, as frações majoritárias de resíduos na cidade de Juiz de Fora foram orgânicos e recicláveis representando, respectivamente, 43,81% e 31,74% do total de resíduos amostrados no município. Além disto, as regiões Centro e Sudeste obtiveram os maiores percentuais de orgânicos (36,01%) e recicláveis (48,15%), respectivamente.

O comparativo entre as médias das frações majoritárias das regiões, por meio de análises estatísticas, não identificou evidências de diferenças significativas entre as mesmas, possibilitando assim a apresentação de valores de tendência únicos destas frações para todo o município.

Os elevados percentuais de orgânicos e recicláveis presentes na composição dos resíduos indicam o potencial de geração do município e a necessidade de uma gestão eficiente dos mesmos. Observa-se, ainda, a necessidade de reavaliação da estrutura da coleta seletiva, proporcionando a integração dos setores, além da implementação de programas de educação ambiental que sensibilizem a população à segregação dos resíduos na fonte.

Além disto, devido à fração de material orgânico representar, aproximadamente, metade de todo resíduo gerado no município, destaca-se a importância de estudos de avaliação da viabilidade técnica e econômica para a implementação de uma usina de compostagem no município de Juiz de Fora ou outra destinação, como a conversão biológica e aproveitamento energético.

O estudo identificou, ainda, o hábito da população em descartar resíduos perigosos (lâmpadas, pilhas, baterias, dentre outros) no lixo domiciliar, indicativo da ineficácia das responsabilidades assumidas ao longo do ciclo de vida dos produtos e estabelecimento da logística reversa.

Tornam-se necessários estudos futuros correlacionando a geração de resíduos e a renda da população, além de novas análises que possam evidenciar sazonalidades e tendências, com o objetivo de se construir uma série temporal, robusta, que possa embasar e auxiliar a gestão.

## AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, por viabilizarem recursos essenciais à participação do evento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. *Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2014*. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>> Acesso em: 08 de jun. de 2016.
2. ALCÂNTARA, A. J. O. *Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e caracterização química do solo da área de disposição final do município de Cáceres - MT*. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres, MT. 2010. Disponível em: <<http://www.unemat.br/prppg/ppgca/teses/2010/02.pdf>>. Acesso em: 01 mar. de 2016.
3. ARÉAS, G. Apenas 0,23% do Lixo é Reciclado em Juiz de Fora. *Tribuna de Minas*, Juiz de Fora, 28 ago. p. 3, 2016.
4. BARBOUR, E. D. A. *et al.* Metodologia para Estabelecimento de Valores de Referência de Qualidade para Águas Subterrâneas. In: *Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, 14. 2006, Curitiba, PR. *Anais...* São Paulo: ABAS. 2006.
5. BARROS, R. T. V. *Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos*. Belo Horizonte: Tessitura, 424 p, 2012.
6. BRASIL. Lei 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 República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2010. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)> Acesso em: 08 de jun. de 2016.
7. BRASIL. *Plano Nacional de Resíduos Sólidos*. Brasília. 2012. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/E99F974D/Doc\\_PNRS\\_consultaspublicas1.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/E99F974D/Doc_PNRS_consultaspublicas1.pdf)>. Acesso em: 19 de nov. de 2016.
8. CAMPOS, H. K. T. Renda e evolução da geração per capita de resíduos sólidos no Brasil. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Brasília, v. 17, n. 2. p. 171-180, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/esa/v17n2/a06v17n2>>. Acesso em: 19 de nov. de 2016.
9. CESAMA – Companhia de Saneamento Municipal. *Hidrografia em Juiz de Fora*. 2010. Disponível em: <<http://www.cesama.com.br/?pagina=hidrografia#>>. Acesso em: 10 de jun. de 2016.
10. 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. Disponível em: <<http://sustenere.co/journals/index.php/rica/article/view/ESS2179-6858.2012.002.0005>>. Acesso em: 19 de nov. de 2016
11. FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente. *Geração per capita, peso específico e composição gravimétrica dos RSU nos municípios de Minas Gerais*. 2015. Disponível em: <<http://www.feam.br/component/content/article/13-textoinformativo/1307-geracao-per-capita-e-composicao-gravimetrica-dos-rsu-nos-municipios-de-minas-gerais->>. Acesso em: 01 março de 2016.
  12. FRANCO, C. S. *Caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares e percepção dos hábitos de descarte no sul de Minas Gerais*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2012. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/367/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20gravim%C3%A9trica%20dos%20res%C3%ADduos%20s%C3%B3lidos%20domiciliares%20e%20percep%C3%A7%C3%A3o%20dos%20h%C3%A1bitos%20de%20descarte%20no%20sul%20de%20Minas%20Gerais.pdf>>. Acesso em: 08 de jun. de 2016.
  13. GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. *Ciência & Saúde Coletiva*, São Paulo, v. 17, n. 6, p. 1503-1510, 2012. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/csc/v17n6/v17n6a14>>. Acesso em: 08 de jun. de 2016.
  14. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico 2010*. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/cd2010universo.asp?o=7&i=P>>. Acesso em: 22 de nov. de 2016
  15. MILLER, J. N. Outlier in Experimental Data and Their Treatment, *Analyst*, v. 118, n. 5, p. 455-461, 1993.
  16. MONTEIRO, J. H. P. *et al. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos*. Rio de Janeiro: IBAM, 200 p, 2001. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>>. Acesso em: 17 de set. de 2016
  17. OENNIG, A. S. *et al.* Estudo de composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do município de Criciúma. *Revista Iniciação Científica*, Criciúma, v. 10, n. 1, p. 5-18, 2012. Disponível em: <<http://periodicos.unesc.net/iniciacaoocientifica/article/view/1605>>. Acesso em: 08 de jun. de 2016.
  18. OLIVEIRA, A. F. G. Testes estatísticos para comparação de médias. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 5, n. 6, p. 777-788, 2008. Disponível em: <[http://nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/076V5N6P777\\_788\\_NOV2008\\_.pdf](http://nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/076V5N6P777_788_NOV2008_.pdf)>. Acesso em: 09 de nov. 2016.
  19. SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. *Coleta de Resíduos Sólidos*. 2014. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/coleta-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 20 de nov. de 2016.
  20. SNIS – Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. *Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2014*. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-residuos-solidos>>. Acesso em: 21 de nov. de 2016
  21. STATSOFT. *STATISTICA (data analysis software system)*, version 8.0. 2007. Disponível em: <[www.statsoft.com](http://www.statsoft.com)>.
  22. STEINER, P. A. *Gestão de resíduos sólidos em centros comerciais do município de Curitiba – PR*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2010. Disponível em: <<http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/24017/STEINER%2c%20PATRICIA%20ARNS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 22 de nov. de 2016.
  23. STREB, C. S.; NAGLE, E. C.; TEIXEIRA, E. N. Caracterização do resíduo sólido doméstico: metodologia para avaliação do potencial de minimização. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 29, 2004, San Juan. *Anais...* San Juan: AIDIS. 2004. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/nagle.pdf>>. Acesso em: 01 março de 2016
  24. TORMAN, V. B. L.; COSTER, R.; RIBOLDI, J. Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não paramétricos por simulação. *Revista HCPA*, Porto Alegre, v. 32, n. 2. p. 227-234, 2012. Disponível em: <<http://seer.ufrgs.br/hcpa/article/viewFile/29874/19186>>. Acesso em: 08 de nov. de 2016.
  25. WILLIAMSON, S. J. *Fundamentals of the Air Pollution*, Massachusetts: Addison-Wesley Publishing Company. 472p, 1973.