

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE DE GUANAMBI-BA

* Thomas Leonardo Marques de Castro Leal ¹
Thaynara Lorryne de Oliveira ¹
Luísa Magalhães Araújo ²

ANALYSIS OF THE GRAVIMETRIC COMPOSITION OF URBAN SOLID WASTE FROM THE CITY OF GUANAMBI-BA

Recibido el 30 de enero de 2024. Aceptado el 9 de abril de 2024

Abstract

More efficient waste management must begin with its classification and quantification, i.e. the physical characterization of waste. The aim of this study is to survey the gravimetric composition of MSW in the city of Guanambi. In addition, through a systematic review, the aim is to analyze the studies on gravimetric composition in Brazil, giving an overview of the publications and comparing the results with those obtained in the field survey. The systematic review found a difference in the classification of some materials in reject category, such as fabric and rubber, which may led to statistically significant difference in the percentage. As for organic and recyclable materials, the sample average does not differ statistically from the national average, i.e. the values found by the authors are within the confidence interval. Regarding the data found for the city of Guanambi, the results show that the fraction of organic waste is above the national average (71.78%) and recyclable waste (24.66%) and rejects (3.72%) are below average. In general, the results also showed a difference between the fraction results for different income brackets, with the lowest fraction of recyclables identified in high-income neighborhoods, mainly due to population characteristics. The results demonstrate the need to look for new alternatives for disposing of organic waste, since the current form, an open-air dump, exacerbates the negative environmental impacts of this waste.

Keywords: rejects, final destination, per capita generation, MSW, gravimetry, systematic review.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, Brasil.

² Universidade do Estado da Bahia, Campus II - Alagoinhas, Brasil.

*Autor correspondente: Instituto Federal de Educação, Ciência, Tecnologia de Goiás (IFG) - Campus Goiânia. Rua 75, n. 46, Setor Central, Goiânia, Goiás, Brasil. 74055-110. Email: thomasmdcl@gmail.com

Resumo

Uma gestão de resíduos mais eficiente deve começar pela classificação e quantificação desses, ou seja, pela caracterização física dos resíduos. Esse trabalho tem como objetivo realizar o levantamento da composição gravimétrica dos RSU da cidade de Guanambi. Além disso, através de uma revisão sistemática, buscou-se analisar os trabalhos de composição gravimétrica do Brasil, dando um panorama das publicações e comparando os resultados com os obtidos no levantamento de campo. Na revisão sistemática, verificou-se uma diferença na classificação de alguns materiais da categoria de rejeitos, como tecido e borracha, fato que pode ter levado a diferença estatisticamente significativa no percentual. Já para os orgânicos e recicláveis, a média da amostra não difere estatisticamente da média nacional, ou seja, os valores encontrados pelos autores estão dentro do intervalo de confiança. Sobre os dados encontrados para a cidade de Guanambi, os resultados mostram que a fração de resíduos orgânicos está acima da média nacional (71.78%) e a de resíduos recicláveis (24.66%) e rejeitos (3.72%) estão abaixo da média. De forma geral, os resultados também apontaram uma diferença entre os resultados das frações para diferentes faixas de renda, com a menor fração de recicláveis identificados em bairro de alta renda, devido, principalmente, a características populacionais. Os resultados demonstram a necessidade de buscar novas alternativas para a destinação dos resíduos orgânicos, já que a forma atual, um lixão a céu aberto, agrava os impactos ambientais negativos desses resíduos.

Palavras-chave: rejeitos, destinação final, geração per capita, RSU, gravimetria, revisão sistemática.

Introdução

Em 2015, representantes dos 193 Estados-membros da ONU assinaram um compromisso em comum por meio do documento “Transformando o Nosso Mundo: A Agenda 2030 para Desenvolvimento Sustentável, comprometendo-se, a tomar medidas para promoção da sustentabilidade. A partir da definição dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), a serem alcançados até 2030, o ODS 12, especificamente, se refere aos resíduos sólidos, tendo como objetivo a redução na sua geração e aumento da taxa de reciclagem (ODS Brasil, 2021).

Estima-se que, a taxa global anual de geração de resíduos aumente de 2 bilhões para 3.4 bilhões de toneladas anuais até o ano de 2050 (Kaza *et al.*, 2018). Segundo Sharma *et al.* (2021), a má gestão de resíduos envolve desde a falta de sistemas e infraestrutura de reciclagem eficazes até o descarte não regulamentado de resíduos que poluem o ar, a água e o solo. Além disso, aterros inadequados e lixões à céu aberto levam à poluição do ar e à contaminação das águas subterrâneas (Sharma *et al.*, 2021).

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e o decreto 10.936/2022, são os instrumentos da União com a finalidade de regulamentar a gestão dos resíduos sólidos no país (Brasil, 2010; 2022). Os municípios brasileiros são os órgãos responsáveis pela execução da PNRS em âmbito local, mas, de acordo Leal e Sampaio (2020), embora as determinações da política nacional, especialmente os municípios de pequeno porte não estão em conformidade com a legislação vigente. No tocante, à destinação final dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), por exemplo, cerca de 40.5% das cidades brasileiras ainda destinam seus resíduos para locais inadequados (Antenor e Szigethy, 2020).

De acordo Rezende *et al.* (2013), uma gestão eficiente deve começar pela classificação e quantificação dos resíduos gerados, ou seja, pela caracterização física dos resíduos. Entre os indicadores que compõem a caracterização física incluem-se a quantidade total por habitante e análise da composição gravimétrica. Estes indicadores permitem a análise de origem e destinação final ambientalmente adequada RSU (Menezes *et al.*, 2019).

Dessa forma, esse trabalho tem como objetivo realizar o levantamento da composição gravimétrica dos RSU da cidade de Guanambi. Além disso, através de uma revisão sistemática, buscou-se avaliar os trabalhos voltados à composição gravimétrica desde a promulgação da PNRS, dando um panorama das publicações e comparando os resultados com os obtidos no levantamento de campo. O diferencial desse trabalho é avaliar a diferença entre renda e o perfil de geração per capita e composição dos resíduos.

Metodologia

Revisão sistemática

Para o desenvolvimento da pesquisa, realizou revisão sistemática, no intuito de caracterizar a produção científica sobre composição gravimétrica. Para Page *et al.* (2021, p. 3), uma revisão sistemática é “uma revisão que usa métodos explícitos e sistemáticos para reunir e sintetizar achados de estudos que abordam uma questão formulada”. Esse método possui 3 etapas: identificação, seleção/exclusão e inclusão.

Com isso, pesquisou-se os trabalhos publicados em algumas bases de dados como a Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), *Scopus* e *Web of Science* e o Periódicos Capes. Utilizou-se os seguintes descritores, em português e inglês, em todas as bases:

- Composição gravimétrica AND resíduos sólidos
- “Características físicas” AND resíduos sólidos urbanos
- Gravimetric characterization AND solid waste AND Brazil
- “Physical characteristics” AND urban solid waste AND Brazil

Além dos descritores, aplicou-se um filtro do período de interesse, a partir de 2010. Excluiu-se, neste estudo, os trabalhos publicados em congressos e trabalhos de conclusão de curso, já que as bases supramencionadas não incluem essas categorias de publicação. Os dados obtidos foram organizados em planilha Excel na forma de banco de dados, de modo a avaliar os trabalhos quanto à área de estudo; tipo de trabalho; tipo de dado (dados primários, secundário); método e; os resultados obtidos através do percentual de cada tipo gerado (orgânico, reciclável e rejeito).

De posse dos resultados quantitativos (em percentual) dos resíduos de cada trabalho analisado, realizou-se uma análise estatística desses dados a fim de verificar se há uma tendência entre eles.

Primeiramente, avaliou-se a normalidade dos dados. Para isso, organizou-se os dados em ordem crescente, aplicando o teste de Shapiro-Wilk. Pereira Filho e Pereira (2012) afirmaram que tal teste é aplicável a um número máximo de até cinco mil observações, portanto, aplicável a esse trabalho.

Após a avaliação da normalidade dos dados, foi verificado se as médias diárias fornecidas pelos municípios diferem entre si e, utilizando-se o teste t de *Student*, aplicável quando os dados possuem distribuição normal, ou o teste de *Wilcoxon*, quando estes não possuem distribuição normal. Essa mesma metodologia foi utilizada por Leal *et al.* (2023) para avaliar a geração de resíduos no Estado da Bahia. Essas análises foram realizadas com o software *Bioestat 5.0*.

Local de estudo

A área de estudo foi a cidade de Guanambi, localizado no sudoeste da Bahia, a 675 km da capital Salvador. O município conta com uma população estimada em 87.817 habitantes (IBGE, 2022). Na região de Serra Geral, Médio São Francisco, que envolve 50 municípios, Guanambi destaca-se como polo regional, respondendo por 12.63% da população, segundo IBGE (2022), conforme mostra a figura (Figura 1).

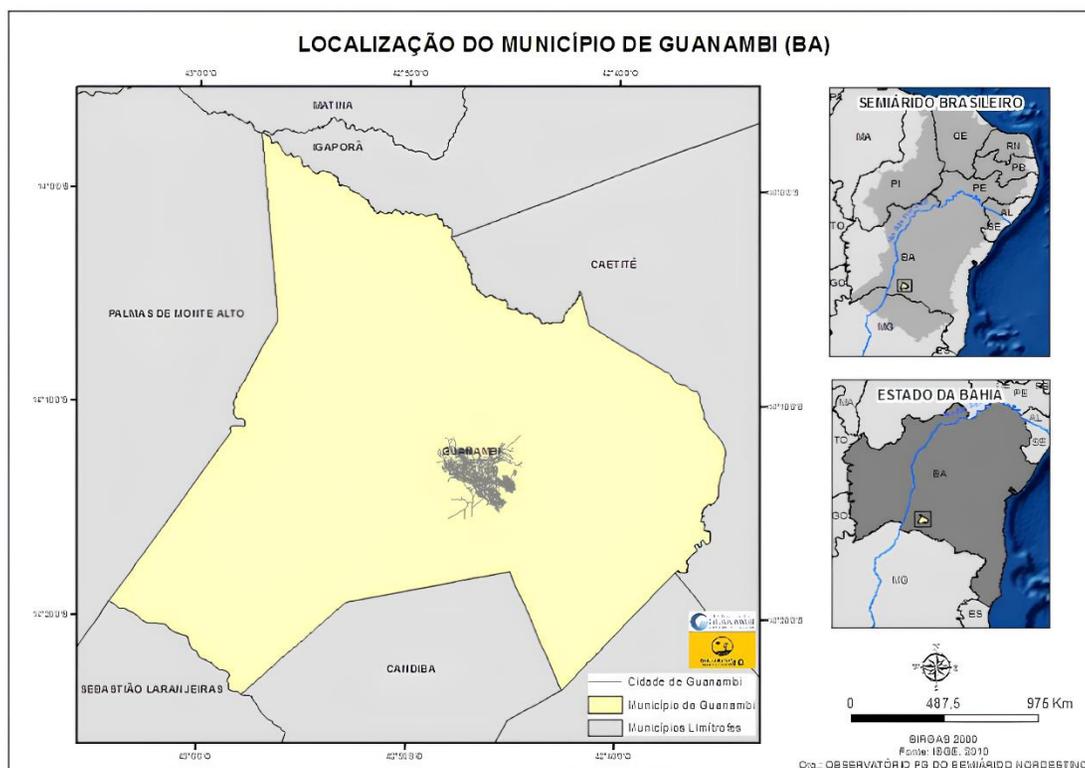


Figura 1. Mapa de localização da cidade de Guanambi. Fuente: Clemente *et al.*, 2016.

Além de uma importância econômica, o município é principal gerador de RSU da microrregião. De acordo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), Guanambi possui uma geração média diária de 130 toneladas de resíduos sólidos, ou seja, uma média de 1.55kg por habitante/dia (Brasil, 2020a), sendo destinados a um lixão, conforme verificado por Leal e Sampaio (2020).

Estudo da Composição Gravimétrica

Apesar de ter sido recentemente aprovado, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) da cidade de Guanambi (Guanambi, 2021) não detalha os dados de composição gravimétrica dos RSU. A composição gravimétrica é um passo fundamental para a gestão integrada e eficiente desses materiais (Menezes *et al.*, 2021).

Para isso, utilizou-se como base a metodologia proposta pela NBR 10.007 (ABNT, 2004). Essa norma define os procedimentos de amostragem de resíduos sólidos. Assim, inicialmente, realizou-se, um planejamento das rotas de coleta a serem seguidas. Essas rotas foram traçadas levando em consideração a renda dos bairros, conforme mostrado (Figura 2).

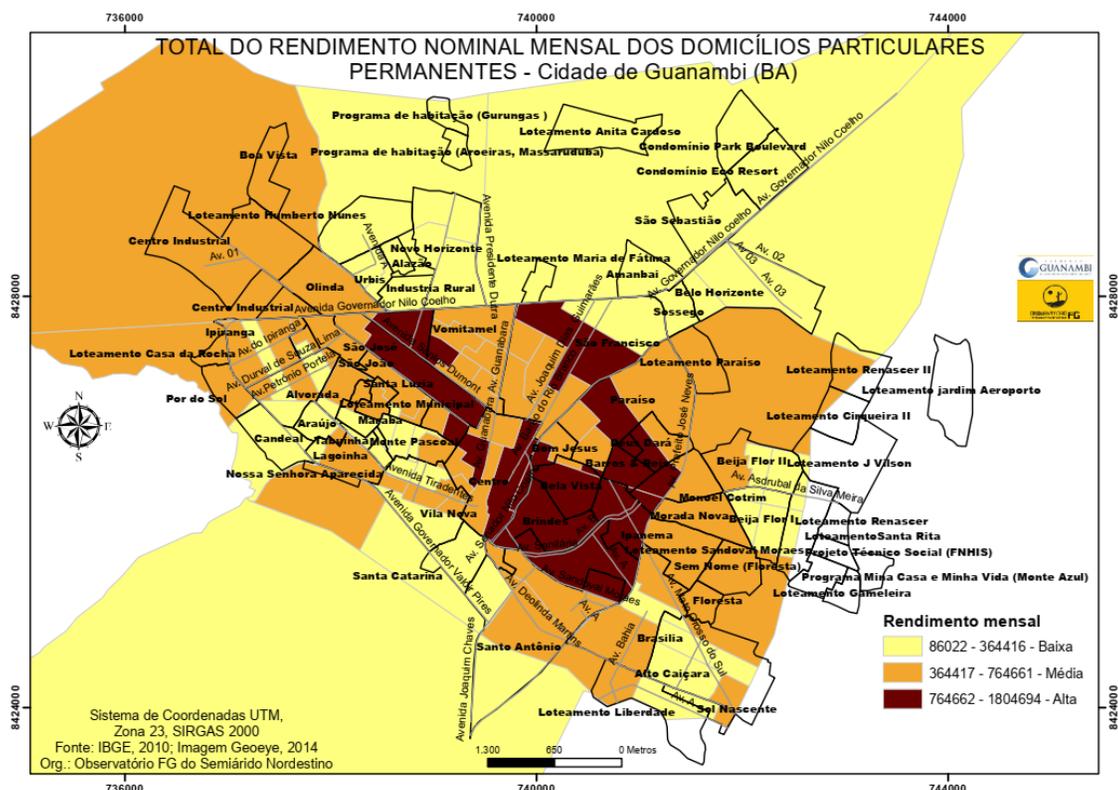


Figura 2. Mapa da limitação dos bairros da cidade de Guanambi. Fonte: IBGE, 2010 (modificado por autores).

A tabela (Tabela 1) mostra as rotas e os bairros nos quais foram realizadas as coletas de RSU. Cada rota engloba pelo menos um bairro de cada faixa de renda com a finalidade de uma posterior comparação.

Tabela 1. Rotas percorridas na coleta das amostras.

	Bairros		
	Renda baixa	Renda média	Renda alta
Rota 1	Monte Pascoal	Centro	Aeroporto Velho
Rota 2	Novo Horizonte	Vomitamel	São José

Esses bairros foram escolhidos em conjunto com os cooperados da Cooperativa de Trabalho dos Agentes Ecológicos de Guanambi (COOTAEG). Segundo eles, esses bairros são os que eles têm mais facilidade acesso à coleta de resíduos, que é feita porta a porta, facilitando o processo de amostragem.

A coleta dos resíduos se deu com um caminhão basculante COOTAEG, e os próprios cooperados ajudaram na execução. Realizou-se duas coletas, uma na quarta para a rota 1 e outra na quinta para a rota 2, o que levou a formação duas amostras. Essa coleta aconteceu nos dias 16 e 17 do mês de junho do ano de 2021, período de seca na região.

Após a coleta, o caminhão depositou os resíduos na área aberta dentro da propriedade da cooperativa, formando uma pilha para cada bairro. Após esse processo, os resíduos foram separados em big bags e pesados. A partir desses coletados, aplicou-se as Equações (1) e (2) para avaliar a geração per capita e a composição gravimétrica, respectivamente. Outros parâmetros como peso específico e teor de umidade não puderam ser medidos devido à ausência de equipamentos específicos. Além disso, avaliou-se a média ponderada dos valores encontrados de cada fração (orgânica, reciclável e rejeito), conforme a Equação (3).

$$n = \frac{\text{Massa material}}{\text{Massa total}} \quad \text{Equação (1)}$$

$$\text{Geração per capita} = \frac{\text{Massa total}}{\text{N}^\circ \text{ de moradores do bairro}} \quad \text{Equação (2)}$$

$$\text{Média ponderada} = \frac{n_1 \cdot p_1 + n_2 \cdot p_2 + \dots + n_k \cdot p_k}{p_1 + p_2 + \dots + p_k} \quad \text{Equação (3)}$$

Onde

n = percentual dos materiais (%);

p = número de casas do bairro.

Uma metodologia semelhante foi utilizada por Silva *et al.* (2021), Almeida (2012) e Moura *et al.* (2012), os quais determinaram a composição gravimétrica por setores ou bairros da cidade, utilizando a renda como um dos indicadores para estratificação das amostras.

O número de moradores dos bairros foi estimado através do número de residência de cada um e multiplicado pelo número médio de pessoas por residência no Brasil que, de acordo com o IGBE (2022), é de 2,79 moradores por domicílio, não considerando diferença entre os bairros de diferentes faixas de renda. O levantamento das residências foi realizado pelo Observatório UniFG do Semiárido Nordeste a partir do acesso às imagens de satélite de alta resolução, delimitando as residências a partir da cobertura (telhados).

Resultados

Revisão sistemática

A figura (Figura 3) sintetiza os resultados encontrados com a revisão sistemática, conforme descrito anteriormente. Ao final, foram analisados 22 trabalhos, incluindo artigos científicos, artigos técnicos e dissertações de mestrado. A tabela (Tabela 2), compila os resultados encontrados, possibilitando a comparação entre eles.

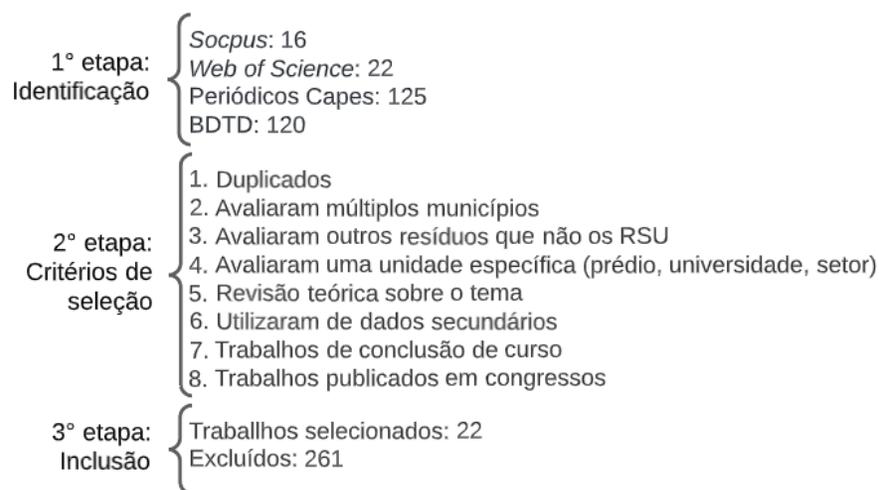


Figura 3. Aplicação das etapas da revisão sistemática.

Tabela 2. Análise bibliométrica dos estudos selecionados

Autor (es)	Tipo	Periódico	Região
Alkmin e Ribeiro Júnior (2017)	Artigo Científico	Caminhos da Geografia	Sudeste
Almeida (2012)	Artigo Científico	Ignis	Sul
Araújo <i>et al.</i> (2018)	Artigo Científico	RICA	Nordeste
Costa <i>et al.</i> (2013)	Artigo Científico	RICA	Sudeste
Couto <i>et al.</i> (2020)	Artigo Científico	RICA	Centro-Oeste
Fiel <i>et al.</i> (2021)	Artigo Científico	Research, Society and Development	Norte
Galdino e Martins (2015)	Artigo Científico	Tecno-Lógica	Sul
Gomes <i>et al.</i> (2017)	Artigo Técnico	Engenharia Sanitária e Ambiental	Sul
Kim (2019)	Dissertação	-	Sudeste
Konrad <i>et al.</i> (2010)	Artigo Científico	Revista Destaques Acadêmicos	Sul
Menezes <i>et al.</i> (2019)	Artigo Técnico	Engenharia Sanitária e Ambiental	Sudeste
Moura <i>et al.</i> (2018)	Artigo Científico	Waste Management	Sudeste
Nobre <i>et al.</i> (2021)	Artigo Científico	Brazilian Journal of Development	Nordeste
Rezende <i>et al.</i> (2013)	Artigo Técnico	Engenharia Sanitária e Ambiental	Sudeste
Ricardo e Orozco (2018)	Artigo Científico	Revista AIDIS	Norte
Santos e Mota (2010)	Artigo Técnico	Revista Tecnologia	Nordeste
Silva <i>et al.</i> (2021)	Artigo Científico	Revista em Agronegócio e Meio Ambiente	Nordeste
Siqueira <i>et al.</i> (2015)	Artigo Técnico	Revista DAE	Sudeste
Sousa (2018)	Dissertação	-	Nordeste
Tassinari (2020)	Artigo Científico	Revista Alemur	Sudeste
This <i>et al.</i> (2021)	Artigo Científico	RBMA&S	Sul
Waskow (2015)	Dissertação	-	Sul

A partir dos dados da tabela, é possível perceber que os estudos estão concentrados mais em cidades da região Sudoeste e Sul (63.6%). Esse percentual pode ser relacionado com a forma de destinação predominante de destinação final; nas regiões mencionadas, o percentual de aterro é maior que 80% nessas regiões (Brasil, 2020b). De acordo com o Ministério do Desenvolvimento Regional (Brasil, 2020b), um maior número de aterros sanitários privados nessas macrorregiões pode implicar em maior rigor na seleção de resíduos sólidos a eles destinados.

Em relação aos periódicos, os que mais apresentaram estudos foram a Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais e a Engenharia Sanitária e Ambiental (13.6% cada). Além disso, há uma predominância de artigos científicos (63.6%). Motta (2022) elucida a diferença entre artigos técnicos e científicos, sendo o primeiro orientado para uso e como audiência-alvo os praticantes com foco no *know-how*. No caso desses estudos, os praticantes podem ser considerados os gestores e técnicos do poder público local, por exemplo.

Uma segunda análise incluiu a análise dos dados de composição gravimétrica dos estudos selecionados. A fim de tornar possível a comparação os trabalhos, alguns critérios de exclusão foram utilizados (Figura 3). Entre eles é importante enfatizar que foram selecionados apenas estudos que realizaram coleta primária de dados, avaliaram os RSU de uma cidade. Por consequência, excluem-se então as análises de múltiplos municípios em conjunto e/ou unidades de gerenciamento isoladas (universidades, prédios, setores etc.).

Os dados dos trabalhos foram avaliados em três categorias: orgânicos, recicláveis e rejeitos. Apesar da heterogeneidade dentro desses grupos, especialmente recicláveis e rejeitos, muitos trabalhos não realizaram tal detalhamento. Dessa forma, das diferentes classificações dentro dos grupos, com o objetivo de comparar os trabalhos, foi possível avaliar apenas essas três categorias. A tabela (Tabela 3) resume os dados encontrados.

Tabela 3. Dados de composição gravimétrica dos estudos selecionados (*Continua*)

Autores	Fração Orgânica (%)	Fração Reciclável (%)	Rejeitos (%)
Alkmin e Ribeiro Júnior (2017)	55.6	31.7	12.7
Almeida (2012)	38.9	24.2	36.9
Araújo <i>et al.</i> (2018)	18.6	34.2	47.2
Costa <i>et al.</i> (2013)	46.5	33.8	19.7
Couto <i>et al.</i> (2020)	55.1	35.1	9.8
Fiel <i>et al.</i> (2021)	38.0	29.3	32.7
Galdino e Martins (2015)	54.0	40.6	5.4
Gomes <i>et al.</i> (2017)	42.0	31.0	27.0
Kim (2019)	37.1	37.0	25.9
Konrad <i>et al.</i> (2010)	46.1	28.6	25.3
Menezes <i>et al.</i> (2019)	43.8	31.7	24.5
Moura <i>et al.</i> (2018)	54.0	28.4	17.6

Tabela 3. Dados de composição gravimétrica dos estudos selecionados (*conclusão*)

Nobre <i>et al.</i> (2021)	14.6	46.7	38.7
Rezende <i>et al.</i> (2013)	49.4	25.5	25.1
Ricardo e Orozco (2018)	44.9	38.7	16.4
Santos e Mota (2010)	47.5	35.3	17.2
Silva <i>et al.</i> (2021)	67.5	20.3	12.2
Siqueira <i>et al.</i> (2015)	40.5	21.4	38.1
Sousa (2018)	36.7	34.1	29.2
Tassinari (2020)	58.4	23.7	17.9
This <i>et al.</i> (2021)	67.6	6.4	26.0
Waskow (2015)	57.3	27.2	15.5

É importante citar quase todos os trabalhos utilizaram o quarteamento como procedimento de amostragem, proposto pela NBR 10.007 (ABNT, 2004). Segundo o CEMPRE (2018), esse consiste em um processo de mistura pelo qual uma amostra bruta é dividida em quatro partes iguais, sendo tomados dois quartis opostos entre si para consistir em uma nova amostra, descartando-se os dois restantes. Apenas Waskow (2018) utilizou a metodologia ASTM D5231, que é uma norma da *American Society for Testing and Materials* (ATSM), um órgão estadunidense de normalização. A diferença entre esses métodos está, basicamente, no tamanho e unidade da amostra: o ASTM D5231 utiliza a massa, que varia entre 91 e 136 kg; já na NBR 10.007, utiliza o volume como base, 100 litros.

A partir desses dados, realizou-se algumas inferências estatísticas através do *Bioestat* 5.0. O primeiro passo foi realizar o teste de normalidade por meio do teste de *Shapiro-Wilk*, ou seja, a hipótese H_0 é de que os dados possuem distribuição normal, aceitando H_0 se $p > 0.05$ ou rejeitando H_0 se $p < 0.05$. Como mostrado (Tabela 4), as três variáveis avaliadas seguem esse formato de distribuição normal.

De acordo com os dados do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2022), a estimativa da composição gravimétrica dos RSU coletados no país é de 45.3% para fração orgânica, 15.5% de rejeitos e a fração reciclável 33.6%. Com isso, aplicou-se o teste t de *Student* a fim de avaliar se a média dos valores dos estudos diferem estatisticamente da média disponível no Plano Nacional, com nível de significância de 5%.

Os resultados da tabela (Tabela 4) mostram que, para a fração orgânica e de recicláveis, a média da amostra não difere estatisticamente da média nacional, ou seja, os valores encontrados pelos autores estão dentro do intervalo de confiança. Contudo, em relação aos rejeitos, a hipótese nula foi rejeitada, ou seja, a média amostral difere estatisticamente da média nacional.

Tabela 4. Inferência estatística das variáveis analisadas

Tipo	Normalidade	Teste t de Student			
	p-valor	H_0	H_1	p-valor	Intervalo de confiança
Fração orgânica	0.23	$\mu = 45.30$	$\mu \neq 45.30$	0.77	$40.29 < \mu < 51.89$
Fração reciclável	0.40	$\mu = 33.60$	$\mu \neq 33.60$	0.71	$26.53 < \mu < 33.91$
Rejeitos	0.73	$\mu = 15.50$	$\mu \neq 15.50$	0.0015	$19.01 < \mu < 28.35$

De acordo o Plano Nacional, materiais como têxteis, couro e borracha estão inclusos na categoria “outros” (Brasil, 2022). Alguns autores incluem esses materiais na categoria de rejeitos (Almeida, 2012; Alkmin, Ribeiro Júnior, 2016; Fiel *et al.*, 2021; Moura *et al.*, 2018); já outros autores, como Couto *et al.* (2020), Costa *et al.* (2012) e Nobre *et al.* (2021) incluem os materiais mencionados na categoria de recicláveis. Essa divergência na classificação pode gerar uma diferença no resultado final em relação aos percentuais encontrados.

Acerca dos resíduos recicláveis, alguns fatores podem influenciar no resultado também. Konrad *et al.* (2010), por exemplo, verificaram que, embora haja coleta seletiva no município estudado, há materiais recicláveis que não foram descartados corretamente tornando-se rejeitos, ou seja, há potencialmente mais recicláveis nos resíduos descartados. Um outro fator, citado por Kim (2018), é a surgência de novos produtos, que não entrando em nenhuma categoria de resíduos reciclável, acabam na categoria de rejeitos, como é o caso das cápsulas de café. Tassarini (2019) inferiu que, por possuir coleta seletiva ineficiente ao longo dos anos, aumenta o custo final da disposição final, já que há um índice de material que vai para o aterro sanitário que poderia ser reciclado.

Sobre a fração orgânica dos resíduos, a presença/ausência da coleta seletiva pode influenciar diretamente sobre o percentual. Segundo Galdino e Martins (2015), a ausência de um sistema de sistema de coleta seletiva eficiente acarreta maior dificuldade de separação do material na Central de Triagem e Compostagem de Resíduos Sólidos (CTCRS) no município estudado. Gomes *et al.* (2017), por sua vez, verificaram que há uma quantidade expressiva de matéria orgânica nos RSU da cidade de Ponta Grossa, fator que, a depender das características (carbono, enxofre etc.), pode diminuir o potencial de geração de energia a partir de sua incineração.

Um outro fator que chama atenção é a diferença entre os resultados percentuais, com uma amplitude de até 53.1% na fração orgânica, comparando Nobre *et al.* (2021) e This *et al.* (2021), por exemplo. Mas essa diferença é esperada, já que os estudos foram realizados em diversas regiões e cidades do país. Sendo assim, a composição gravimétrica decorre de fatores como tamanho da população e de suas características socioeconômicas e culturais, do grau de urbanização e dos hábitos de consumo vigentes (CEMPRE, 2018).

Composição gravimétrica

A geração per capita, de acordo Pisani Júnior *et al.* (2018), é um indicador bastante utilizado para representar a geração de RSU, pois relaciona a massa diária de resíduo produzido por habitante em uma dada localidade. De acordo com os dados informados pelo município no SNIS, o valor médio per capita é de 1.55 kg/hab.dia. Nesse estudo encontrou-se o valor de 2.11 kg/hab.dia, ao determinar a média ponderada da produção per capita, conforme Equação (3). Como o local de disposição final do município não possui uma balança para pesagem dos veículos, conforme dados do SNIS (Brasil, 2020a), a diferença entre esses valores pode residir justamente nesse fato.

O volume total de resíduos coletados foi de 482.5 kg e 697.7 kg, respectivamente, para as rotas 1 e 2. A análise da composição gravimétrica das amostras coletadas está compilada na tabela (Tabela 5).

Tabela 5. Dados da análise da composição gravimétrica dos bairros analisados

<i>Rota 1</i>	<i>Pontos amostrados</i>	<i>Fração Orgânica (%)</i>	<i>Fração Reciclável (%)</i>	<i>Rejeitos (%)</i>
Monte Pascoal	47	84.04	12.68	3.28
Centro	48	66.09	31.03	2.88
Aeroporto Velho	22	92.15	3.14	4.71
<i>Rota 2</i>	<i>Pontos amostrados</i>	<i>Fração Orgânica (%)</i>	<i>Fração Reciclável (%)</i>	<i>Rejeitos (%)</i>
Novo Horizonte	47	70.39	21.76	7.85
Vomitamel	22	77.17	20.87	1.97
São José	48	55.03	44.44	0.53
<i>Média ponderada</i>		<i>71.78</i>	<i>24.66</i>	<i>3.72</i>

A partir dos dados analisados é possível que alguns valores chamam a atenção. O bairro Aeroporto Velho, por exemplo, possui a menor fração de recicláveis de todos os bairros analisados, apesar de ser um bairro de alta renda, e o bairro São José com a maior fração de recicláveis. Essa discrepância, de acordo com Silva *et al.* (2020), é justificável, já que não foi alcançada uma visão consensual quanto à correlação positiva entre renda e geração de diferentes tipos de resíduos sólidos domiciliares, pois essa relação depende de outros fatores, como, por exemplo, o grau de urbanização da área estudada. Em uma revisão sistemática conduzida por Alzamora *et al.* (2022), os autores chegaram à conclusão de que há um efeito positivo sim do PIB e da renda na geração per capita, mas que não implica, necessariamente, em diferenças no percentual de cada fração.

A média da fração orgânica é significativamente alta em relação à média nacional. Além de diminuir a vida útil dos aterros, a presença dos resíduos orgânicos em lixões é agravada por conta da sua degradação que emite metano e gera chorume, o qual pode levar a poluição do solo e das águas superficiais e subterrâneas por conta do percolamento do chorume, bem como a proliferação de doenças e vetores (Leal *et al.*, 2023). De acordo com o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, deve-se estimular a redução da geração e optar por rotas tecnológicas para tratamento de resíduos com menor emissão de gases de efeito estufa (Brasil, 2022).

Já os rejeitos estão abaixo da média nacional e fora do intervalo de confiança encontrado nos outros estudos. Esses dados podem ser influenciados por estilo de vida, padrões de consumo e atividades econômicas (Silva *et al.*, 2020), dificultando uma análise mais aprofundada das possíveis influências. É importante ressaltar que os autores Leal *et al.* (2023) tentaram avaliar a geração de resíduos no estado da Bahia e sua relação com o número de habitantes das cidades, mas os autores não conseguiram estabelecer uma correlação, reforçando assim a ausência de um perfil de geração pela população.

A Tabela 6 condensa os dados dos materiais recicláveis encontrados. Um dos dados que mais chamam atenção são os resíduos de construção civil, que em um bairro chega a valores acima de 20%. Segundo Monteiro *et al.* (2001), os resíduos domiciliares são os doméstico e comercial, mas que a população costuma descartar os resíduos de construção civil (entulho) junto com os domiciliares. Entretanto, conforme estabelece a PNRS, os resíduos de construção civil são passíveis de gestão do próprio gerador, e deve observar as normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama visando à reutilização e reciclagem (Brasil, 2010). Na cidade de Guanambi, Leal, Silva e Lima (2021, p. 169) perceberam que as iniciativas por parte do poder público municipal “não são suficientes para cumprir o que preconiza a Resolução Conama nº 307/2002 e a PNRS”.

Tabela 6. Dados dos materiais recicláveis encontrados nos bairros analisados

Percentual dos materiais (%)	Monte Pascoal	Centro	Aeroporto velho	Novo Horizonte	Vomita Mel	São José
Metal	0.00	0.29	0.00	0.79	0.98	8.99
Papel	2.11	25.0	1.57	4.71	4.33	1.06
Vidro	0.47	0.00	0.00	0.16	4.92	8.99
Plástico	5.16	4.89	1.57	4.32	1.97	3.17
Tecido/couro/borracha	0.47	0.86	0.00	2.75	1.57	1.06
Resíduos de Construção Civil	4.46	0.00	0.00	9.03	7.09	21.16

A ausência de segregação prévia na fonte geradora, ocasiona perdas na recuperação dos resíduos sólidos, reduzindo o aproveitamento dos materiais, transformando-os em rejeitos, que seguem para unidades de disposição final (Brasil, 2022). Uma das formas que o poder público tem influenciado é através dos regulamentos, acordos setoriais e termos de compromisso de logística reversa, especialmente o acordo de embalagens, os quais visam aumentar o conteúdo reciclado, aumentando a quantidade de material reciclado em relação à matéria-prima virgem na fabricação de novas embalagens (Brasil, 2022).

Considerações finais

A revisão sistemática demonstrou que os estudos relacionados à composição gravimétrica têm apresentado uma tendência no que tange à metodologia utilizada, a NBR 10.007. A análise estatística dos resultados dos estudos mostra que há uma tendência nos resultados da fração orgânica e da reciclável, mas não dos rejeitos. Isso pode ser justificado devido à classificação dos materiais no momento da aplicação da metodologia.

Para a composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerados na cidade de Guanambi, os resultados mostram uma predominância de resíduos orgânicos que são encaminhados para o lixão do município agravando os impactos ambientais negativos. Um outro agravante é a presença de resíduos de construção civil descartados junto com os resíduos comuns, o que é proibido pela legislação vigente.

Como limitação da pesquisa, aponta-se as informações censitárias que remetem ao ano de 2010, o que pode gerar erros na delimitação setores de renda. Além disso, em função da disponibilidade de recursos, houve uma limitação no número de setores analisados, o que pode enviesar os resultados.

Os dados gerados nessa pesquisa podem servir de base para a tomada de decisões acerca das melhores formas de gerenciar os resíduos gerados no município de Guanambi. Além disso, é importante avaliar a necessidade de desenvolvimento de ações de educação ambiental voltadas à segregação dos resíduos e implementação de uma coleta seletiva no município.

Referências

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004) *NBR 10.007 - Amostragem de resíduos sólidos*. 21 pp.
- Alkmin, D.V., Ribeiro Júnior, I.U. (2017) Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) do lixão do município de Maria da Fé, estado de Minas Gerais. *Caminhos da Geografia*, **18**(61), 65-82, 2017. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/>

- Almeida, R.G. (2012) Estudo da geração de resíduos sólidos domiciliares urbanos do município de Caçador SC, a partir da caracterização física e composição gravimétrica, *Ignis*, **1**(1), 51-70. Disponível em: <https://periodicos.uniarp.edu.br/index.php/ignis/article/view/30>
- Alzamora, B.R., Barros, R.T.V., Oliveira, L.K., Gonçalves, S.S. (2022) Forecasting and the influence of socioeconomic factors on municipal solid waste generation: A literature review, *Environmental Development*, **44**, 100734. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2022.100734>
- Antenor, S., Szigethy, L. (2020) *Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil: Desafios Tecnológicos, Políticos e Econômicos*. IPEA. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>
- Araújo, N.C., Soares, B.B., Suassuna, R.C.A., Santo, F.S.E., Santos, M.S.T., Queiroz, A.J.P. (2018) Caracterização física dos resíduos sólidos urbanos gerados na cidade de Santa Cecília/Paraíba, *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, **9**(7), 90-97, 2018. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.007.0009>
- Brasil (2022) *Decreto nº 10.936 de 12 de janeiro de 2022*, Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2019-2022/2022/Decreto/D10936.htm
- Brasil (2010) *Lei nº 12.305 de 10 de agosto de 2010*, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências, Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm
- Brasil (2020a) Ministério de Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional de Saneamento, *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Série História*. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>
- Brasil (2020b) Ministério do Desenvolvimento Regional, Secretaria Nacional de Saneamento, *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos*, Brasília, DF, 2020b. 244 pp. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2019/Diagnostico_RS2019.pdf
- Brasil (2022) Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Qualidade Ambiental, *Plano Nacional de Resíduos Sólidos*. Brasília, DF, 209 p. Disponível em: <https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2022/07/Planares-B.pdf>
- CEMPRE, Compromisso Empresarial para Reciclagem (2018) *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*, 4a ed, São Paulo, SP, 316 pp. Disponível em: https://cempre.org.br/wp-content/uploads/2020/11/6-Lixo_Municipal_2018.pdf
- Clemente, C.M.S., Pereira, D.M., Queiroz, L.R., Domingues, E.M. (2016) Análise técnica dos produtos cartográficos de mapeamentos colaborativos: um estudo de caso da cidade de Guanambi - BA. *Revista Desenvolvimento Social*, **17**(1), 5-18. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/rds/article/view/2098>
- Costa, L.E.B., Costa, S.K., Rego, N.A.C., Silva Junior, M.F. (2012) Gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos domiciliares e perfil socioeconômico no município de Salinas, Minas Gerais, *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, **3**(2), 73-90. <http://doi.org/10.6008/ESS2179-6858.2012.002.0005>
- Couto, B.O.C., Oliveira, A.F., Saleh, B.B., Morais, B.B., Silva Júnior, C.R. (2020) A composição gravimétrica como ferramenta fundamental na gestão dos resíduos sólidos: estudo de caso do município de Rio Verde/GO, *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, **11**(6), 404-410. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.006.0033>
- Fiel, L.G., Monteiro Neto, A., Sousa, M.C. de, Gusmão, M.T.A. de, Paiva, P.F.P.R., Braga, T. G.M., Silva Junior, O.M. da, Ruivo, M.L.P. (2021) Análise da composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerados na Ilha de Cotijuba em Belém – PA, *Research, Society and Development*, **10**, 1-15. <http://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20724>
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010) *Censo Brasileiro de 2010*. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br>
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022) *Censo Brasileiro de 2022*, Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/trabalho/22827-censo-demografico-2022.html>
- Galdino, S.D.J., Martins, C.H. (2015) Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos da coleta convencional de um município de pequeno porte, *Tecno-Lógica*, **20**(1), 01-08. <https://doi.org/10.17058/tecnolog.v20i1.6060>

- Gomes, S., Weirich Neto, O.H., Silva, D.A. da, Antunes, S.R.M., Rocha, C.H. (2017) Potencial energético de resíduos sólidos domiciliares do município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil, *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **22**(6), 1197-1202. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017143432>
- Guanambi (2021) *Lei Municipal nº 1.409 de 16 de dezembro de 2021*, Institui a política e o plano municipal de saneamento básico e de gestão integrada de resíduos sólidos do município Guanambi e seus instrumentos, e dá outras providências, Diário Oficial da Prefeitura Municipal de Guanambi. Disponível em: <https://diariooficial.procedebahia.com.br/guanambi/Diario%20Oficial%20-%20PREFEITURA%20MUNICIPAL%20DE%20GUANAMBI%20-%20Ed%202520.pdf>
- Kaza, S., Yao, L.C., Bhada-Tata, P., Van Woerden, F. (2018) *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*, Washington, DC: World Bank. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
- Kim, V.J.H. (2019) *Análise da composição gravimétrica dos resíduos domiciliares de São Carlos (SP)*, Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 196 pp. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.18.2019.tde-17062019-104821>
- Konrad, O., Casaril, C.E., Schmitz, M. (2010) Estudo dos resíduos sólidos domésticos de Lajeado/RS pela caracterização gravimétrica, *Revista Destaques Acadêmicos*, **2**(4), 57-62. Disponível em: <http://univates.br/revistas/index.php/destaques/article/view/90>
- Leal, T.L.M.C., Freitas, M.F., Alencar, N.R.O., Lisboa, G.S., Stracieri, J. (2023) Análise estatística da geração de resíduos sólidos do estado da Bahia, Brasil, *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, **19**(1). <https://doi.org/10.54399/rbgdr.v19i1.6612>
- Leal, T.L.M.C., Sampaio, R.J. (2020) Gestão dos resíduos sólidos: o caso do consórcio de desenvolvimento sustentável do Alto Sertão na Bahia, *urbe Revista Brasileira de Gestão Urbana*, **13**, e20180123. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.013.e20180123>
- Leal, T.L.M.C., Silva, N.L., Araújo, L.M. (2021) Gestão dos resíduos da construção civil: análise da legislação municipal de Guanambi–Ba, *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, **10**(3), 154-173. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v10e32021154-173>
- Menezes, R.O., Castro, S.R., Silva, J.B.G., Teixeira, G.P., Silva, M.A.M. (2019) Análise estatística da caracterização gravimétrica de resíduos sólidos domiciliares: estudo de caso do município de Juiz de Fora, Minas Gerais, *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **24**(2), 271-282. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019177437>
- Monteiro, J.H.P. et al. (2001) *Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos*, Rio de Janeiro: IBAM. 204 pp. Disponível em: Disponível em: <http://www.resol.com.br/cartilha4/manual.pdf>
- Motta, G.S. (2022) O Que É um Artigo Tecnológico? *Revista de Administração Contemporânea*, **26**(Sup), e220208. <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2022220208>
- Moura, A.A., Lima, W.S., Archanjo, C.R. (2012) Análise da composição gravimétrica de resíduos sólidos urbanos: estudo de caso - município de Itaúna- MG, *SynThesis Revista Digital FAPAM*, **3**, 4-16. Disponível em: Disponível em: <https://periodicos.fapam.edu.br/index.php/synthesis/article/view/47>
- Moura, J.M.B.M., Pinheiro, I.G., Carmo, J.L. (2018) Gravimetric composition of the rejects coming from the segregation process of the municipal recyclable wastes, *Waste Management*, **74**, 98-109. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.011>
- Nobre, S.B., Sousa, C.R.C., Bezerra, J.M., Mendonça, E.V.P., Roque, F.S., Costa, H.C.G., da Costa, T.T., Rêgo, A.T.A. (2021) Levantamento dos resíduos sólidos gerados no município de Pau Dos Ferros, Rio Grande do Norte, *Brazilian Journal of Development*, **7**(6), 54056-54075. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-009>
- ODS Brasil (2021) *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br>
- Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., Hamseer, L., Tetzlaff, J.M., Akl, E.A., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J.M., Hróbjartsson, A., Lalu, M.M., Li, T., Loder, E.W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L.A., Stewart, L.A., Thomas, J., Tricco, A.C., Welch, V.A., Whiting, P., Moher, D. (2021) The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews, *BMJ*, **372**(71), 1-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

- Pereira Filho, N.A., Ferreira, D.F. (2012) Teste Monte Carlo de normalidade univariado baseado em distâncias, *Revista Brasileira de Biometria*, **30**(3), 401-416. Disponível em: http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v30/v30_n3/A7_Nelson_Daniel.pdf
- Rezende, J.H., Carboni, M., Murgel, M.A.T., Capps, A.L.A.P., Teixeira, H.L., Simões, G.T.C., Russi, R.R., Lurenço, B.L.R., Oliveira, C.A. (2013) Composição gravimétrica e peso específico dos resíduos sólidos urbanos em Jaú (SP), *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **18**(1), 1-8. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000100001>
- Ricardo, D.L., Orozco, M.M.D. (2018) Caracterização física de resíduos sólidos domiciliares do município de Rolim de Moura - Rondônia – Brasil, *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica*, **11**(3), 362-375. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2018.11.3.58252>
- Santos, G.O., Mota, F.S.B. (2010) Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Domiciliares de Fortaleza/CE Dispostos no Aterro Sanitário de Caucaia/CE. *Revista Tecnologia*, **31**(1), 39-50. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/tec/article/view/5334>
- Silva, C.O., Konrad, O., Callado, N.H., Feitosa, A.K., Araújo, L.G.S. (2021) Discretização da estimativa de geração per capita e análise gravimétrica de resíduos sólidos urbanos, *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá (PR)*, **14**(3), e8128, 2021. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n3e8128>
- Silva, R.C.P., Costa, A.R.S., El-Deir, S.G., Jucá, J.F.T. (2020) Setorização de rotas de coleta de resíduos sólidos domiciliares por técnicas multivariadas: estudo de caso da cidade do Recife, Brasil, *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **25**(6), 821–832. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020200205>
- Siqueira, H.E., Souza, A.D., Barreto, A.C., Abdala, V.L. (2015) Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Nova Ponte (MG), *Revista DAE*, **64**, 39-52. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_202_n_1638.pdf
- Sousa, A.N. (2018) *Indicadores socioeconômicos, geração e composição dos resíduos sólidos domiciliares da cidade de Teresina-PI: uma contribuição para gestão municipal*, Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2018, 223 pp. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/32219>
- Tassarini, D.J. (2019) Análise gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do município de Igarapé/mg e o “Projeto Recicla mais Igarapé”, *Alemur*, **4**(1), 99-115. Disponível em: <https://periodicos.ufop.br/alemur/article/view/1402>
- This, L.G., Bohrer, R.E.G., Souza, E.L., Guerra, D., Silva, D.M., Lara, D.M., Lanzanova, M.E., Clasen, B.E. (2021) Avaliação da coleta seletiva dos resíduos sólidos urbanos do município de Crissiumal – RS, *Revista Brasileira de Meio Ambiente & Sustentabilidade*, **1**(4), 17–41. Disponível em: <https://rbmaes.emnuvens.com.br/revista/article/view/89>
- Sharma, H.B., Vanapalli, K.R., Samal, B., Cheela, V.R.S., Dubey, B.K., Bhattacharya, J. (2021) Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: Solutions for post-COVID recovery, *Science of the Total Environment*, **800**, 149605. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149605>
- Waskow, R. P. (2015) *ASTM D5231 aplicada à caracterização da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos: estudo de caso: Novo Hamburgo, RS*, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 131 pp. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/115271>