FATORES SOCIODEMOGRÁFICOS ASSOCIADOS À GERAÇÃO DE RESÍDUOS DOMICILIARES NO DISTRITO FEDERAL

JÚLIA ENÉIAS OLIVEIRA[1]

[1]Engenheira Ambiental, UnB, Brasília-DF, julia.eneias@gmail.com.

RESUMO: A geração de resíduos sólidos domiciliares varia conforme a estrutura urbana e as características sociodemográficas da população, exigindo planejamento territorialmente diferenciado. Este estudo analisou 20 variáveis referentes a 26 Regiões Administrativas do Distrito Federal nos anos de 2013, 2015, 2018 e 2021. Dados demográficos, domiciliares, econômicos, educacionais e de saneamento foram padronizados e submetidos à Análise de Componentes Principais. Em cada ano, cinco componentes explicaram entre 84,05% e 89,78% da variância total. Para comparação, foram selecionados três eixos relacionados aos perfis socioeconômico e residencial, à infraestrutura urbana e à concentração da população, dos domicílios atendidos e da massa de resíduos coletada. Regiões mais populosas e com maior número de domicílios apresentaram maior geração total, enquanto áreas de renda e escolaridade elevadas foram diferenciadas sobretudo pela tipologia residencial e pelo consumo de serviços urbanos. Os resultados demonstram que as particularidades territoriais devem orientar o dimensionamento dos serviços e a formulação de estratégias regionalizadas de prevenção e gestão de resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Análise multivariada, planejamento urbano, saneamento básico, políticas públicas.

SOCIODEMOGRAPHIC FACTORS ASSOCIATED WITH HOUSEHOLD WASTE GENERATION IN THE FEDERAL DISTRICT

ABSTRACT: Household solid waste generation varies according to urban structure and the sociodemographic characteristics of the population, requiring territorially differentiated planning. This study analyzed 20 variables for 26 Administrative Regions of the Federal District in 2013, 2015, 2018 and 2021. Demographic, household, economic, educational and sanitation data were standardized and examined using Principal Component Analysis. In each year, five components explained between 84.05% and 89.78% of the total variance. Three axes were selected for comparative interpretation, representing socioeconomic and residential profiles, urban infrastructure, and the concentration of population, households served and collected waste mass. More populous regions with a larger number of households presented greater total waste generation, whereas high-income and highly educated areas were mainly differentiated by housing type and urban service consumption. The findings demonstrate that territorial particularities should guide service planning and the development of regionalized waste prevention and management strategies.

KEYWORDS: Multivariate analysis, urban planning, basic sanitation, public policies.

INTRODUÇÃO

A geração crescente de resíduos sólidos urbanos (RSU) constitui um desafio técnico, ambiental e financeiro para as cidades, especialmente onde a expansão urbana ocorre de forma desigual, como é o Distrito Federal (DF). Os RSU são compostos pelos resíduos sólidos domiciliares, originados das atividades domésticas, e pelos resíduos de limpeza urbana. Os resíduos domiciliares constituem a parcela predominante desse conjunto: no SINISA 2024, ano de referência 2023, a relação entre os indicadores nacionais de massa média per capita de resíduos domiciliares e de RSU coletados

foi de aproximadamente 80% (Brasil, 2025). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece a não geração e a redução como prioridades do gerenciamento, antes do tratamento e da disposição final (Brasil, 2010). Entretanto, a adoção de medidas preventivas depende de informações capazes de explicar como a quantidade coletada se relaciona com a população, os domicílios, a renda, os padrões de consumo e a oferta de infraestrutura urbana.

A mensuração direta da geração de resíduos sólidos por domicílio é onerosa e pouco disseminada. Por isso, variáveis socioeconômicas e demográficas são frequentemente empregadas para estimar tendências e apoiar o dimensionamento dos serviços. Estudos brasileiros identificaram relações entre geração de resíduos domiciliares, população, renda e consumo de serviços urbanos (Pisani Junior et al., 2018; Vieira & Matheus, 2018), enquanto revisões internacionais demonstram que a influência desses fatores depende da escala, da disponibilidade de dados e das particularidades locais (Alzamora et al., 2022).

No DF, as Regiões Administrativas (RA) apresentam forte heterogeneidade quanto à densidade, renda, composição domiciliar, escolaridade e cobertura de saneamento. A análise agregada para todo o território pode ocultar essas diferenças e induzir estratégias uniformes para realidades distintas. Assim, o objetivo deste trabalho foi identificar os fatores associados à geração total de resíduos sólidos domiciliares nas RA do DF e examinar a estabilidade dessas relações entre 2013 e 2021, produzindo subsídios para o planejamento regionalizado da gestão de resíduos.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente artigo é derivado da monografia defendida no ano de 2023 como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de bacharel em engenharia ambiental pela Universidade de Brasília (Oliveira, 2023). O trabalho analisou 20 variáveis sociodemográficas que poderiam influenciar ou ter correlação com a geração de resíduos sólidos domiciliares. Foram utilizados dados oficiais disponibilizados pela Companhia de Planejamento do Distrito Federal (Codeplan), posteriormente incorporada ao Instituto de Pesquisa e Estatística do Distrito Federal (IPEDF), pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (Adasa) e pelo Serviço de Limpeza Urbana do Distrito Federal (SLU). A compatibilidade entre as bases permitiu a seleção dos anos de 2013, 2015, 2018 e 2021 como anos de estudo e comparação.

Para um estudo comparativo dentro do Distrito Federal foi utilizada a unidade de análise: Região Administrativa (RA). Das 31 RA existentes no período inicial, foram mantidas 26. Quatro RA foram retiradas por incompletude dos registros de coleta, e outra foi excluída por possuir perfil predominantemente industrial e o foco da pesquisa serem os resíduos domiciliares. Outras RA criadas posteriormente foram compatibilizadas e alterações na contabilização da coleta seletiva e dos resíduos de varrição foram harmonizadas, visto que durante um período esses dois resíduos eram medidos conjuntamente.

Foram avaliadas 20 variáveis: habitantes urbanos; habitantes por domicílio; renda domiciliar; quatro arranjos familiares; quatro faixas de escolaridade; proporções de casas e apartamentos; cobertura de água, esgoto, energia elétrica e pavimentação; consumo residencial de água; domicílios atendidos pelo abastecimento público; e massa de resíduos domiciliares coletada. Para impedir que unidades de medida distintas determinassem o peso estatístico, cada variável foi padronizada pelo escore z.

Inicialmente, foi calculada a matriz de correlação linear entre a massa de resíduos e as demais variáveis. Em seguida, aplicou-se a Análise de Componentes Principais (ACP), técnica adequada à redução de variáveis correlacionadas em componentes não correlacionadas que preservam a maior parcela possível da variância (Hongyu et al., 2016). Foram retidas componentes com autovalor superior a 1 e participação mínima de 5% na variância total. Os carregamentos foram utilizados para interpretar os eixos e os escores permitiram comparar o comportamento das RA. As análises foram realizadas nos programas IBM SPSS e PAST.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores coeficientes de correlação foram observados para habitantes urbanos e domicílios atendidos pelo abastecimento público de água (Tabela 1). Embora os valores tenham diminuído em 2015, ambas as associações se intensificaram nos anos seguintes e atingiram 0,95 e 0,98 em 2021, respectivamente. O resultado indica que a massa total coletada acompanha principalmente o tamanho da população urbana e a expansão do conjunto de residências atendidas por serviços públicos. Esse padrão é coerente com a importância da população encontrada por Liu & Wu (2011) e por estudos aplicados a municípios brasileiros (Pisani Junior et al., 2018).

Tabela 1: Correlação entre variáveis selecionadas e resíduos domiciliares

Variável	2013	2015	2018	2021
Habitantes urbanos	0,77	0,62	0,83	0,95
Habitantes por domicílio	-0,21	-0,32	-0,19	-0,28
Renda domiciliar	-0,11	0,09	0,11	-0,01
Consumo de água por residência	0,00	0,15	0,09	-0,03
Domicílios atendidos por abastecimento público de água	0,80	0,71	0,87	0,98

Fonte: Adaptado de Oliveira (2023).

A variável habitantes por domicílio apresentou associação negativa em todos os anos, com valores entre -0,19 e -0,32. No nível agregado, esse comportamento sugere que regiões com menor número de moradores por domicílio podem apresentar maior geração por unidade residencial, possivelmente em razão da menor distribuição do consumo de embalagens, alimentos e outros bens de uso compartilhado entre os moradores. Renda domiciliar e consumo de água, quando observados isoladamente, tiveram correlações fracas com a massa total e, portanto, não devem ser interpretados como determinantes diretos. Sua relevância aparece principalmente na estrutura conjunta revelada pela ACP, em associação com escolaridade, tipologia domiciliar e arranjos familiares.

A ACP resultou em cinco componentes com autovalor superior a 1 e participação mínima de 5% na variância total. Para facilitar a comparação temporal e concentrar a análise nos eixos mais relacionados ao objetivo do estudo, foram selecionadas três componentes em cada ano: as componentes I, II e III em 2013 e 2015 e as componentes I, II e IV em 2018 e 2021. As componentes selecionadas explicaram conjuntamente entre 69,47% e 71,66% da variância total (Tabela 2). A proximidade desses valores indica que um conjunto reduzido de eixos sintetizou de maneira relativamente estável a heterogeneidade das RA, apesar das mudanças temporais na população, nos domicílios e na infraestrutura. Essa escolha também permitiu comparar o eixo associado à população, ao número de domicílios e aos resíduos domiciliares, representado pela componente III nos dois primeiros anos e pela componente IV nos dois últimos.

A primeira componente representou o perfil socioeconômico, educacional e residencial das RA. Renda domiciliar, ensino superior, domicílios unipessoais e apartamentos apresentaram carregamentos positivos elevados, enquanto maior número de habitantes por domicílio, casais com dois ou mais filhos, menores níveis de escolaridade e casas se posicionaram no sentido oposto. A segunda componente foi marcada principalmente pela oposição entre a cobertura de esgotamento sanitário, com carregamento positivo, e o consumo residencial de água, com carregamento negativo. O terceiro eixo selecionado concentrou habitantes urbanos, domicílios atendidos pelo abastecimento público e resíduos domiciliares, com carregamentos positivos em todos os anos.

Tabela 2: Variância explicada pelas cinco componentes principais retidas

Indicador	2013	2015	2018	2021
Componente I (%)	36,22	36,96	37,05	36,45
Componente II (%)	21,02	20,75	20,21	23,51
Terceiro eixo selecionado (%)[1]	12,23	11,98	12,52	11,70
Variância total explicada pelas componentes selecionadas (%)	69,47	69,69	69,78	71,66

[1] Componente III em 2013 e 2015 e componente IV em 2018 e 2021.
Fonte: Adaptado de Oliveira (2023).

A Ceilândia destacou-se como a RA mais populosa, com o maior número de domicílios e a maior geração total de resíduos domiciliares. Além de sua dimensão populacional, apresenta predominância de casas e proporção relativamente menor de moradores com ensino superior quando comparada às regiões centrais e de renda mais elevada. O Plano Piloto, que apresentou a segunda maior geração total, também possui população e número de domicílios expressivos, mas se diferencia pela predominância de apartamentos e por níveis mais elevados de renda e escolaridade.

Lago Sul, Lago Norte e Park Way, por sua vez, são RA menos populosas, predominantemente constituídas por casas e caracterizadas por renda e escolaridade elevadas, alto consumo residencial de água e ampla cobertura de infraestrutura urbana. Apesar desse perfil socioeconômico, não apresentaram as maiores massas totais de resíduos, pois o número de habitantes e domicílios é consideravelmente inferior ao observado na Ceilândia e no Plano Piloto. Esses contrastes evidenciam a diferença entre explicar a geração total de uma RA e caracterizar a geração por habitante ou domicílio. Relações entre renda, escolaridade, tipologia residencial e consumo também foram observadas em outros contextos brasileiros (Franco et al., 2014; Vieira & Matheus, 2018).

Do ponto de vista da gestão, os resultados permitem identificar grupos de RA com características semelhantes e direcionar ações distintas. Regiões em expansão populacional demandam previsão de capacidade de coleta, transporte, tratamento e disposição final. Áreas com maior presença de domicílios unipessoais podem requerer estratégias específicas de prevenção, enquanto diferenças de renda, escolaridade e tipologia residencial devem ser consideradas na comunicação e nas ações de educação ambiental. A aplicação prática dos resultados, entretanto, deve reconhecer que correlação não implica causalidade e que dados agregados por RA não substituem estudos gravimétricos ou medições da geração per capita e por domicílio.

As principais limitações foram a dependência de bases secundárias, as alterações territoriais e operacionais ocorridas no período e o uso da massa total coletada. A compatibilização das informações possibilitou a comparação temporal, mas pode ter introduzido incertezas relacionadas às RA criadas ou desmembradas e às modificações na contabilização das modalidades de coleta. Ainda assim, a repetição dos principais padrões nos quatro anos reforça a utilidade dos indicadores para o planejamento regionalizado e para o desenvolvimento de estudos preditivos.

CONCLUSÃO

A população urbana e a quantidade de domicílios atendidos pelo abastecimento público de água foram as variáveis mais fortemente associadas à massa total de resíduos domiciliares coletada nas Regiões Administrativas do Distrito Federal. A associação negativa com o número de habitantes por domicílio e a estrutura conjunta identificada pela ACP indicam que a geração também se relaciona, de forma integrada, com a composição familiar, a escolaridade, a renda, a tipologia residencial e o

consumo de serviços urbanos, embora essas variáveis não devam ser interpretadas isoladamente como determinantes diretos.

A ACP resultou em cinco componentes que explicaram mais de 84% da variância total em todos os anos analisados. Para a interpretação comparativa, foram selecionados três eixos em cada ano, responsáveis por aproximadamente 69% a 72% da variância, os quais permitiram distinguir dimensões socioeconômicas, residenciais, populacionais e de infraestrutura. A permanência desses padrões entre 2013 e 2021 reforça que a gestão dos resíduos domiciliares deve ser integrada, porém não uniforme, considerando as diferenças e a evolução das RA no dimensionamento dos serviços e na definição de ações de prevenção e educação ambiental.

Recomenda-se que estudos futuros utilizem indicadores de geração per capita e por domicílio, incorporem dados de composição gravimétrica e hábitos de consumo e avaliem modelos preditivos. A combinação dessas informações poderá aprimorar o planejamento, a definição de instrumentos de cobrança e a formulação de sistemas de gestão de resíduos mais eficientes, equitativos e ambientalmente sustentáveis.

REFERÊNCIAS

Alzamora, B. R.; Barros, R. T. V.; Oliveira, L. K.; Gonçalves, S. S. Forecasting and the influence of socioeconomic factors on municipal solid waste generation: a literature review. Environmental Development, v. 44, 100734, 2022. DOI: 10.1016/j.envdev.2022.100734.

Brasil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Presidência da República, 2010.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Relatório dos Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos: SINISA 2024, ano de referência 2023. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2025.

Franco, D.; Castilhos Junior, A. B.; Souza, K. S. Estudo da relação entre a geração de resíduos sólidos domiciliares e o consumo de água e energia elétrica: alternativas de tarifação da coleta de resíduos sólidos. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 10, n. 4, 2014.

Hongyu, K.; Sandanielo, V. L. M.; Oliveira Junior, G. J. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. Engineering and Science, v. 5, n. 1, 2016.

Liu, C.; Wu, X. W. Factors influencing municipal solid waste generation in China: a multiple statistical analysis study. Waste Management & Research, v. 29, n. 4, p. 371-378, 2011. DOI: 10.1177/0734242X10380114.

Oliveira, J. E. Investigação dos fatores de influência na geração de resíduos sólidos domiciliares nas Regiões Administrativas do Distrito Federal. Brasília: Universidade de Brasília, 2023. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental).

Pisani Junior, R.; Castro, M. C. A. A.; Costa, A. A. Desenvolvimento de correlação para estimativa da taxa de geração per capita de resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo: influências da população, renda per capita e consumo de energia elétrica. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 23, p. 415-424, 2018.

Vieira, V. H. A. M.; Matheus, D. R. The impact of socioeconomic factors on municipal solid waste generation in São Paulo, Brazil. Waste Management & Research, v. 36, n. 1, p. 79-85, 2018.