



Análise da Geração dos Resíduos Sólidos Domésticos no Distrito Federal

Mikaela Soares Silva Cardoso ¹

Elimar Pinheiro do Nascimento ²

Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti ³

Francisco Javier Contreras Pineda ⁴

RESUMO

O Distrito Federal é composto por 31 regiões administrativas e sedia a capital brasileira, Brasília. O DF possui uma grande renda, apresentando o maior Produto Interno Bruto per capita do Brasil em 2013. A geração de Resíduos Sólidos Urbanos cresceu 25% no período de 2003 a 2014. Diversos estudos têm observado que a geração de resíduos sólidos é influenciada por fatores sociais e econômicos. O objetivo foi avaliar se existe relação entre fatores socioeconômicos e a geração de Resíduos Sólidos Domésticos no Distrito Federal durante os anos de 2003 a 2014. Para a análise foram considerados os seguintes fatores: Produto Interno Bruto; Produto Interno Bruto per capita; população total; população urbana; densidade demográfica; Índice de Desenvolvimento Humano Municipal; consumo de energia; consumo de energia per capita e consumo de bens e produtos. O método utilizado foi a Análise de Componentes Principais (ACP). A ACP resultou em dois componentes principais, onde o primeiro absorveu 95,029% da variância inicial. Os maiores escores encontrados foram para o Produto Interno Bruto (0,993), o consumo de energia (0,992) e o consumo de bens e produtos (0,988), mostrando que os fatores relacionados a renda e consumo apresentaram forte relação com a geração dos Resíduos Sólidos Domésticos no DF durante o período estudado. As variáveis relacionadas ao crescimento populacional também apresentaram relação significativa com a geração dos resíduos no DF.

Palavras-Chave: Fatores socioeconômicos; Análise de Componentes Principais; Resíduos sólidos urbanos.

¹ Mestre (CDS, UnB, Brasil). cardoso.mikaela@yahoo.com

² Doutor (CDS, UnB, Brasil). elimarcds@gmail.com

³ Doutora (CDS, UnB, Brasil). izabel.zaneti@yahoo.com

⁴ Doutor (PTARH, UnB, Brasil). pineda@unb.br

Mikaela Soares Silva Cardoso; Elimar Pinheiro do Nascimento; Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti; Francisco Javier Contreras Pineda

A

geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSUs) é um fenômeno crescente desencadeado, sobretudo, por fatores ligados ao crescimento populacional e ao desenvolvimento econômico. Jacobi e Besen (2011) apontam que nos países mais desenvolvidos são geradas maiores quantidades de resíduos, entretanto, estes possuem maior capacidade para promover o gerenciamento apropriado destes resíduos por possuírem mais recursos econômicos e recursos tecnológicos. No Brasil, e em outros países em desenvolvimento, observa-se que a infraestrutura e os recursos financeiros empregados no gerenciamento dos resíduos sólidos estão aquém do necessário para o manejo adequado da quantidade crescente de resíduos gerados.

O gerenciamento dos RSUs pode ser otimizado a partir do planejamento da gestão. A primeira etapa na elaboração de um plano de gestão de RSUs é o diagnóstico da situação atual. O levantamento de informações como a quantidade gerada e a composição gravimétrica é essencial para o delineamento de um plano de manejo adequado para o local de estudo.

Os padrões de geração de RSUs dependem de fatores socioeconômicos e podem variar em diferentes áreas de uma mesma cidade de acordo com a renda, a densidade demográfica, a concentração de atividades econômicas, entre outros (GALLARDO et al., 2015). A gestão dos RSUs nos países em desenvolvimento apresenta grandes desafios, pois a infraestrutura para o manejo dos RSUs muitas vezes não acompanha o crescimento populacional e econômico.

Getahun et al. (2012) estudaram o aumento da geração de resíduos sólidos em Jimma, na Etiópia. Aqueles autores constataram que aspectos socioeconômicos como grau de escolaridade e renda familiar resultaram em diferenças no manejo domiciliar dos resíduos. Famílias com renda mais elevada e com maior grau de instrução utilizavam serviços privados de coleta dos resíduos, enquanto famílias com renda mais baixa e menor grau de instrução tendiam a depositar resíduos sólidos em locais inadequados ou queimá-los.

A geração de RSUs em Lahore, no Paquistão foi analisada a partir de indicadores socioeconômicos por Kamran, Chaudhry e Batoool (2015), concluindo que as áreas economicamente ativas seguiram uma tendência de alta geração de resíduos e representaram 43% do total de resíduos gerados na cidade.

Segundo Grover e Singh (2014), há um aumento significativo na produção de resíduos, principalmente papel, à medida que a população cresce e se torna mais urbanizada. A composição dos RSUs varia de acordo com os hábitos culturais, o status econômico dos moradores, a estrutura urbana, a densidade populacional, a extensão da atividade comercial e o clima.

Mikaela Soares Silva Cardoso; Elimar Pinheiro do Nascimento; Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti; Francisco Javier Contreras Pineda

Li et al. (2015) estudaram a relação entre população, renda, urbanização e prosperidade da indústria terciária e a geração de resíduos sólidos na China. Em Lagos, na Nigéria a relação entre fatores socioeconômicos e a geração de RSUs foi estudada por Samuel (2015). Os dados referentes à idade, educação, renda média mensal, tempo de permanência no bairro e tamanho da residência foram analisados a partir de estatística inferencial e regressão múltipla.

Sankoh, Yan e Conteh (2012) analisaram a influência de fatores socioeconômicos na geração e composição dos RSUs em Freetown, Serra Leoa. Os resultados mostraram que a geração de resíduos sólidos e composição foram significativamente afetadas pelo tamanho médio da família, status de emprego e renda mensal.

A composição gravimétrica dos resíduos gerados pode sofrer alterações de acordo com fatores sociais e econômicos. No distrito de Dhanbad, na Índia, Khan, Kumar e Samadder (2016) constataram que a porcentagem de resíduos sólidos orgânicos é alta em todos os grupos de renda. A geração de resíduos de plástico, entretanto, cresceu nos locais de maior renda.

No Distrito Federal (DF) observou-se um aumento populacional acima do planejado, bem como um expressivo crescimento da renda. O Produto Interno Bruto (PIB) per capita do DF, em 2013, foi o maior do Brasil.

Considerando-se padrões de consumo, Brasília ocupa a terceira posição no ranking de cidades que mais consomem no Brasil, segundo dados do Índice de Potencial de Consumo (IPC) Marketing 2015. A geração de resíduos sólidos urbanos cresceu 25% no DF durante o período de 2003 a 2014, mostrando que a geração de resíduos sólidos pode ser relacionada a indicadores socioeconômicos. O objetivo do artigo foi avaliar o impacto de fatores sociais e econômicos na geração de Resíduos Sólidos Domésticos (RDOs) no DF durante os anos 2003 a 2014.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliar os fatores que apresentaram maior influência na geração de Resíduos Sólidos Domésticos (RDOs) no Distrito Federal (DF) foram levantados dados do período de 2003 a 2014 referentes a nove variáveis: Produto Interno Bruto (PIB), PIB per capita, Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), população total, população urbana, densidade demográfica, consumo de energia, consumo de energia per capita e consumo de bens e produtos (tabela 1).

Tabela 01: Variáveis socioeconômicas.

| Ano | PIB | PIB per capita | IDHM | Pop. total | Pop. Urbana | Dens. demográfica | RDO Coletado | RDO coletado per capita | Consumo de energia (Mwh) | Consumo energia per capita | Consumo de bens e produtos |
|------|-----------|----------------|-------|------------|-------------|-------------------|--------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 2003 | 63104900 | 28282 | 0,725 | 2189789 | 2094082 | 378,856 | 561544 | 0,703 | 3587375 | 1,638229 | 45,083 |
| 2004 | 70724113 | 30992 | 0,725 | 2282049 | 2182310 | 394,818 | 589843 | 0,708 | 3589693 | 1,573013 | 52,601 |
| 2005 | 80526612 | 34515 | 0,725 | 2333108 | 2231138 | 403,652 | 614078 | 0,721 | 3807369 | 1,631887 | 62,986 |
| 2006 | 89628553 | 37599 | 0,725 | 2383784 | 2279599 | 412 | 644128 | 0,74 | 3991454 | 1,674419 | 68,236 |
| 2007 | 99945620 | 40696 | 0,725 | 2455903 | 2348566 | 424,896 | 643947 | 0,718 | 4293525 | 1,748247 | 74,913 |
| 2008 | 117572000 | 45997 | 0,725 | 2557158 | 2445396 | 442,415 | 710043 | 0,761 | 4552717 | 1,780381 | 79,535 |
| 2009 | 131487000 | 50438 | 0,725 | 2570160 | 2482210 | 444,664 | 741425 | 0,79 | 5001045 | 1,945811 | 83,443 |
| 2010 | 149906000 | 58489 | 0,824 | 2606885 | 2492949 | 451 | 765830 | 0,805 | 5382635 | 2,064776 | 93,013 |
| 2011 | 164482000 | 63020 | 0,824 | 2609998 | 2520685 | 451,556 | 800088 | 0,84 | 5475146 | 2,097759 | 100,003 |
| 2012 | 171235534 | 61876 | 0,824 | 2648532 | 2557900 | 458,223 | 822968 | 0,851 | 5666856 | 2,139622 | 106,526 |
| 2013 | 175362791 | 62859 | 0,824 | 2789761 | 2694296 | 482,657 | 847207 | 0,832 | 5964400 | 2,137961 | 115,610 |
| 2014 | 175538154 | 62921 | 0,824 | 2852372 | 2754765 | 493,4901 | 866211 | 0,832 | 6163314 | 2,160768 | 120,4033 |

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados do SNIS, SLU, ANEEL, IBGE (2014).

O método estatístico utilizado no estudo foi a Análise de Componentes Principais (ACP), uma técnica de análise multivariada que indica os componentes que absorvem a maior parte da variância do conjunto de dados, podendo assim resumi-los e representá-los. Para realizar a ACP utilizou-se o programa estatístico IBM SPSS Statistics 23.

Um dos fatores essenciais para a aplicação da ACP é a correlação entre as variáveis de estudo. Para verificar se a ACP poderia ser realizada neste estudo foram utilizados 02 (dois) testes:

1) O Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) é um método estatístico que compara as correlações simples com as correlações parciais observadas entre as variáveis. A variação do KMO é de 0 a 1, onde 0 representa uma correlação nula e 1 representa a correlação máxima;

2) O teste de esfericidade de Bartlett, que avalia se a matriz de variáveis iniciais é significativamente diferente. Neste teste, valores de p-value inferiores a 0,05 indicam que a ACP pode ser corretamente aplicada.

A confiabilidade dos componentes gerados por meio da ACP deve ser verificada a partir do coeficiente alfa de Cronbach. Valores entre 0,6 e 0,7 indicam um bom grau de confiança dos novos componentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Distrito Federal (DF), a quantidade de Resíduos Sólidos Urbanos (RSUs) saltou de 1.302.771,9 toneladas em 2003 para 1.634.522,1 toneladas em 2014, representando um aumento de 25% em 12 anos. Considerando-se apenas os Resíduos Sólidos Domésticos (RDOs) no DF, em 2003 foram coletadas 561.544 toneladas. Já em 2014, o volume de RDO coletado foi 64,8% maior, chegando a 866.211 toneladas. A geração de RDO per capita (kg/hab/dia) também apresentou um aumento: de 0,703 em 2003 a 0,832 em 2014.

Outro problema enfrentado no DF é a disposição final dos resíduos sólidos sem qualquer tratamento. No ano de 2003, a compostagem e a reciclagem resultaram na recuperação de apenas 4,08% dos resíduos. Em 2014, a taxa de recuperação de resíduos foi de 7,64%. Apesar do aumento, estima-se que 1.509.644,6 de toneladas de resíduos sólidos foram depositados em aterro sem qualquer tratamento neste ano.

Ao longo dos 12 anos estudados, a população total e a população urbana do DF apresentaram crescimento. A população total, em 2003 era de 2.189.789 habitantes. Em 2014, a população total estimada para o DF foi 2.852.372 de habitantes. A densidade demográfica saltou de 378,856 em 2003 para 493,490 em 2014.

A Análise de Componentes Principais (ACP) das variáveis avaliadas resultou em dois componentes. Os dois componentes absorvem 98,9% da variância inicial. A adequação da amostragem foi considerada razoável (KMO = 0,668). O teste de Bartlett também indica a adequação da amostra (p-value = 0,000).

Tabela 2: Teste de KMO e Bartlett

| | |
|---|-------------------|
| Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adequação de amostragem | 0,668 |
| Aprox. Qui-quadrado | 351,047 |
| Teste de esfericidade de Bartlett | Gl 36 |
| | Sig. 0,000 |

Fonte: Elaborada pelos autores.

O componente 1 foi responsável por 95,029% da variância inicial. Dentro deste, o Produto Interno Bruto (PIB) apresentou o maior escore (0,993), seguido do consumo de energia (0,992) e do consumo de bens e produtos (0,988). O coeficiente alfa de Cronbach foi de 0,995 para este componente, o que indica um alto grau de confiabilidade. O componente 2, formado apenas pelo

Mikaela Soares Silva Cardoso; Elimar Pinheiro do Nascimento; Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti; Francisco Javier Contreras Pineda

Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) representa 3,866% da variância inicial. No entanto, o coeficiente alfa de Cronbach encontrado foi de -1,816, indicando que este componente não possui um bom grau de confiabilidade.

Tabela 3: Escore das variáveis.

| | Escore | % de Variância | Alfa de Cronbach |
|--------------------------------------|--------|----------------|------------------|
| Componente 1 | | 95,029% | 0,995 |
| PIB | 0,993 | | |
| Consumo de energia | 0,992 | | |
| Consumo de bens e produtos | 0,988 | | |
| PIB per capita | 0,983 | | |
| População urbana | 0,979 | | |
| Densidade demográfica | 0,974 | | |
| População total | 0,974 | | |
| Consumo de energia per capita | 0,972 | | |
| Componente 2 | | 3,866% | -1,816 |
| IDHM | 0,865 | | |

Fonte: Elaborada pelos autores.

No componente 1 observou-se que os quatro primeiros escores encontrados são variáveis referentes a fatores econômicos como renda e consumo, o que indica uma forte relação entre a geração de RDOs e o crescimento econômico no DF. Apesar de obter resultados menores, os valores referentes a crescimento populacional também indicam que a geração de resíduos sólidos está relacionada ao aumento da população no período. A variável IDHM apresentou o menor escore dentre as variáveis estudadas.

Os resultados obtidos para o DF diferem dos resultados encontrados por Liu e Wu (2011). Na China, os fatores que mais influenciaram a geração de RSUs, durante o período de 1985 a 2006, foram o crescimento populacional e o aumento da população urbana.

Para cada variável estudada utilizou-se valores referentes ao Distrito Federal como um todo devido à indisponibilidade de dados por Região Administrativa (RA). As 31 RAs possuem valores diferentes de renda, de área, de população e de geração de RDOs, o que poderia levar à uma análise mais precisa do que influencia a geração de RDOs em cada região do DF.

CONCLUSÕES

A utilização da Análise de Componentes Principais (ACP) resultou numa metodologia eficiente para a determinação dos fatores socioeconômicos que influenciam a geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSUs). A compreensão destes fatores é fundamental para o desenvolvimento de prognósticos

Mikaela Soares Silva Cardoso; Elimar Pinheiro do Nascimento; Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti; Francisco Javier Contreras Pineda

sobre a geração de RSUs de um determinado local, além de facilitar o desenvolvimento de ações que visem à diminuição da geração destes.

No caso do Distrito Federal (DF), os fatores econômicos apresentaram maior relação com a geração de Resíduos Sólidos Domésticos (RDOs) do que os fatores sociais. O Produto Interno Bruto (PIB), o consumo de energia e o consumo de bens e produtos apresentaram os maiores escores na ACP, indicando maior relação com a geração de RDOs. Estes resultados são reflexos do alto poder econômico da região, que apresenta o maior PIB per capita do Brasil, e do elevado padrão de consumo (o terceiro maior do país). Políticas e ações de Educação Ambiental (EA) voltadas para a redução e a reutilização de resíduos sólidos podem contribuir para diminuir a geração de RSUs no DF.

Os valores utilizados neste estudo, para cada variável, correspondem a valores médios do DF, devido à falta de dados por Região Administrativa (RA). A influência dos fatores socioeconômicos na geração de resíduos sólidos pode, então, sofrer alterações significativas de cidade para cidade, de acordo com o número de habitantes e a renda média, fatores que apresentam grande variação nas cidades que compõem o DF.

Para os próximos anos, nos quais há previsão de retração do PIB, é interessante avaliar se os fatores econômicos manterão forte relação com a geração dos RSUs no DF, esperando-se, assim, uma discreta diminuição na geração de resíduos sólidos ocasionada pela crise econômica.

AGRADECIMENTOS

Trabalho desenvolvido no âmbito do projeto PROCAD “Novas fronteiras no Oeste: relação entre Sociedade e natureza na microrregião de Ceres em Goiás (1940 -2013)”, com apoio da CAPES, processo 2980/2014.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. *Consumo de energia elétrica no Brasil*. S. d. Disponível em: <<http://relatorios.aneel.gov.br/RelatoriosSAS/Forms/AllItems.aspx>>. Acesso em: 1º/09/2015.

Distrito Federal. Vice-Governadoria do Distrito Federal. Secretaria de Infraestrutura e Serviços Públicos. Serviço de Limpeza Urbana. *Relatório do Diagnóstico de Resíduos Sólidos do Distrito Federal (2014)*. Brasília, 2015. Disponível em: <http://www.agenciabrasilia.df.gov.br/images/agencia_brasilia/2015/04-ABRIL/Relatorio_diagnostico_residuos_solidos_SLU_2014.pdf>. Acesso em: 1º/07/2015

Gadelha, E. P. *Avaliação de inóculos metanogênicos na aceleração do processo de degradação da fração orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos*. 2005. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp095915.pdf>>. Acesso em: 1º/07/2015.

Mikaela Soares Silva Cardoso; Elimar Pinheiro do Nascimento; Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti; Francisco Javier Contreras Pineda

Gallardo, A.; Carlos, M.; Peris, M.; Colomer F. J. *Methodology to design a municipal solid waste pre-collection system*. A case study. *Waste Management*, v. 36, p. 1-11, fev. 2015.

Getahun, T.; Mengistie, E.; Haddis, A.; Wasie, F.; Alemayehu, E.; Dadi, D.; Van Gerven, T.; Van der Bruggen, B. *Municipal solid waste generation in growing urban areas in Africa: current practices and relation to socioeconomic factors in Jimma, Ethiopia*. *Environmental monitoring and assessment*, v. 184, n. 10, p. 6337-6345, out. 2012.

Grover, P.; Singh, P. *An analytical study oif effect of family income and size on per capita household solid waste generation in developing countries*. *Review of Arts and Humanities March*, v. 3, n. 1, p. 127-143, 2014. Disponível em: <http://aripd.org/journals/rah/Vol_3_No_1_March_2014/11.pdf>. Acesso em: 1º/09/2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. *Produto Interno Bruto dos Municípios 2010-2013*. 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pibmunicipios/2010_2013/default.shtm>. Acesso em: 1º/09/2015.

_____. *Séries Históricas e Estatísticas*. S. d. Disponível em: <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/lista_tema.aspx?op=0&no=2>. Acesso em: 1º/11/2015.

Jacobi, P. R.; Besen, G. R. *Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade*. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 25, n. 71, p. 135-158, jan./abr. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v25n71/10.pdf>>. Acesso em: 1º/11/2015.

Kamran, A.; Chaudhry, M. N.; Batool, S. A. *Effects of socio-economic status and seasonal variation on municipal solid waste composition: a baseline study for future planning and development*. *Environmental Sciences Europe*, v. 27, n. 16, p. 1-8, dez. 2015. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1186/s12302-015-0050-9>>. Acesso em: 1º/11/2015.

Kawai, K.; Tasaki, T. *Revisiting estimates of municipal solid waste generation per capita and their reliability*. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, v. 18, n. 1, p. 1-13, jan. 2016. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s10163-015-0355-1>>. Acesso em: 1º/02/2016.

Khan, D.; Kumar, A.; Samadder, S. R. *Impact of socioeconomic status on municipal solid waste generation rate*. *Waste Management*, n. 49, p. 15-25, mar. 2016.

Li, L.; Ge, X.; Zhang, J.; Wang, J. *Long-term relationship among the generation of municipal solid waste, urbanization, affluence and prosperity of tertiary industry*. *Metallurgical and Mining Industry*, n. 6, p. 206-212, 2015. Disponível em: <<http://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/MMI-6/025-Li-Li.pdf>>. Acesso em: 1º/02/2016.

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, abr. 2011.

Samuel, O. O. *Socio-economic correlates of household solid waste generation: evidence from Lagos metropolis, Nigeria*. *Management Research and Practice*, v. 7, n. 1, p. 44, 2015.

Sankoh, F. P.; Yan, X.; Conteh, A. M. H. *A situational assessment of socioeconomic factors affecting solid waste generation and composition in Freetown, Sierra Leone*. *Journal of Environmental Protection*, n. 3, p. 563-568, jul. 2012. Disponível em: <http://file.scirp.org/pdf/JEP20120700002_99280824.pdf>. Acesso em: 1º/02/2016.

Mikaela Soares Silva Cardoso; Elimar Pinheiro do Nascimento; Izabel Cristina Bruno Bacellar Zaneti; Francisco Javier Contreras Pineda

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento– SNIS. 2016. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>. Acesso: 1º/04/2014.

Analysis of the Generation of Domestic Solid Waste in the Federal District

ABSTRACT

The generation of Urban Solid Waste (USW) is related to a series of socioeconomic factors. The Distrito Federal (DF) comprises 31 administrative regions and hosts the Brazilian capital, Brasilia. The DF has a large income, with the highest GDP per capita of Brazil in 2013. The generation of USW grew 25% from 2003 to 2014. The aim was to evaluate the relationship of socioeconomic factors with the generation of Domestic Solid Waste (DSW) in the Distrito Federal between the years 2003 to 2014. For the analysis the following factors were considered: GDP; GDP per capita; total population; urban population; population density; HDI; energy consumption; energy consumption per capita and consumption of goods and products. The method used was the Principal Component Analysis (PCA). The PCA resulted in two main components, where the first absorbed 95.029% of the initial variance. The highest scores were found to GDP (0.993), energy consumption (0.992) and consumption of goods and products (0.988), showing that factors related to income and consumption showed a strong relationship with the generation of USW. The variables related to population growth also have significant relationship with the generation of solid waste in DF.

Keywords): Socioeconomic factors; Principal Component Analysis; Urban solid waste.