

urbe

Revista Brasileira de Gestão Urbana

scielo.br/urbe

  
PUCPRESS

# Efeitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos na gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) dos municípios populosos mineiros: uma análise multivariada

*National Solid Waste Policy effects on urban solid waste management in the most populated municipalities of Minas Gerais: a multivariate analysis*

Viviane Jin Hee Kim <sup>[a]</sup> 

Belo Horizonte, MG, Brasil

<sup>[a]</sup> Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Raphael Tobias de Vasconcelos Barros <sup>[b]</sup> 

Belo Horizonte, MG, Brasil

<sup>[b]</sup> Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

**Como citar:** Kim, V. J. H., & Barros, R. T. V. (2023). Efeitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos na gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU) dos municípios populosos mineiros: uma análise multivariada. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 15, e20230017. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.015.e20230017>

## Resumo

A promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos foi um marco ambiental decisivo no âmbito das gestões municipais de resíduos sólidos sustentáveis e de qualidade. Assim, o objetivo do trabalho foi analisar os efeitos da promulgação da PNRS nos municípios populosos mineiros através da aplicação da Análise dos Componentes Principais (ACP). Esta análise foi realizada por meio do software RStudio "R v. 3.5.1" após selecionar os municípios e variáveis do estudo de acordo com a aderência ao tema e disponibilidade dos dados no Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Além de constatar-se que a ACP é adequada

VJHK é Engenheira Ambiental, Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento, e-mail: vivikim.suki@gmail.com

RTVB é Engenheiro Civil e Professor, Doutor em Engenharia, e-mail: raphael@desa.ufmg.br

para tal análise e que dois componentes são suficientes para representar mais de 70% da variabilidade dos dados, certificou-se que os componentes estão relacionados com os objetivos e princípios da PNRS. Portanto, concluiu-se que o efeito da PNRS sobre o manejo de RSU nestes municípios foi positivo, mas não o suficiente considerando a idade da Lei e a urgência de um olhar sistêmico para alcançar um manejo de qualidade. Como evidência desta visão reducionista, menciona-se o enfoque dado apenas para a coleta seletiva, quando demais etapas para descentralizar o manejo de RSU deveriam ser consideradas com a mesma importância.

**Palavras-chave:** ACP. Manejo. PNRS. Resíduos Sólidos Urbanos.

## **Abstract**

*The National Solid Waste Policy (PNRS in portuguese) publication was a decisive environmental milestone in the scope of municipal solid waste management sustainability and quality. However, of the municipalities with the Policy is still inadequate after more than a decade of its enactment. Thus, this paper aims to analyze the PNRS effects in the populous municipalities of Minas Gerais through the Principal Component Analysis (PCA) application. This analysis was performed using the RStudio "R v. 3.5.1" after selecting the municipalities and variables according to the theme adherence and data availability in the National Sanitation Information System (SNIS in portuguese). The tool was considered as suitable for this analysis and that two components are sufficient to represent more than 70% of the data variability. In addition, it was found that the components are related to the objectives and principles of the PNRS. Therefore, it was concluded that the PNRS effects on MSW management in these municipalities was positive, but not enough considering the Law's age and the urgency of a systemic view to achieve a quality management. As evidence of this reductionist view, it is mentioned the focus given only to selective collection, when other actions to decentralize MSW management should be considered with the same importance.*

**Keywords:** Management. NSWP. PCA. Urban Solid Waste.

---

## Introdução

A Lei 12.305 de 2010 (Brasil, 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), é considerada como uma política pública de qualidade, bem avaliada internacionalmente e aderente a princípios mais atuais da economia circular, como medidas preventivas, valorização dos resíduos e logística reversa (Cosenza et al., 2020; Chaves et al., 2014). Porém, mesmo observando avanços na gestão de resíduos sólidos urbanos (GRSU) nesta última década, ainda não puderam ser vistos êxitos na implementação devida da Lei, prejudicando sua eficácia (Barros & Silveira, 2019; Martins et al. 2022). Isto é considerado como consequência da falta de conhecimento da problemática local sobre a temática, carência de alguns instrumentos e de planejamento estratégico (Camolezi et al., 2021).

O Diagnóstico Temático de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (MDR, 2021) reforça esse contexto, pois em 2020 apenas 36,3% dos 4.589 municípios cadastrados no Sistema de Informações sobre Saneamento (SNIS) contavam com coleta seletiva de Resíduos Sólidos Domiciliares (RDO) em áreas urbanas e 30,1% das unidades de processamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em operação eram de lixões, mesmo com a determinação legal de erradicação destes locais até 2014.

Entretanto, os desafios para a aplicação da PNRS diferem com a região, de acordo com as diferentes realidades brasileiras e peculiaridades de cada local (Martins et al., 2022). No caso dos grandes centros urbanos, regiões onde o porte e densidade populacional são maiores, esta preocupação fica mais evidente, por conta da maior geração de RSU, escassez de áreas disponíveis para disposição final e maior ocorrência de destinação inadequada dos resíduos, sendo ocasionada por ocupações irregulares causadas por cidades não planejadas, principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil (Maiello et al., 2018; Nanda & Berruti, 2021; Martins et al., 2022).

Além disso, a gestão inadequada de RSU implica em diversos impactos ambientais e reflete diretamente na saúde pública e infraestrutura municipal (Iyamu et al., 2020). Como exemplo de impactos ambientais, mencionam-se a degradação do solo, o comprometimento dos corpos d'água e mananciais, a intensificação de enchentes, uma contribuição para a poluição do ar e a proliferação de vetores (Das et al., 2019). Assim, é evidente que as administrações públicas em conjunto com a sociedade civil devem buscar meios para minorar estes problemas, dependendo de uma combinação de fatores individuais, usuários do serviço, unidades institucionais, governança e estrutura política estratégica (Iyamu et al., 2020).

Para tal, Das et al. (2019) pontuam que o primeiro passo para qualquer estratégia de gestão é o monitoramento da geração dos resíduos. Porém, a disponibilidade de dados/indicadores confiáveis referentes ao manejo de resíduos e uma interpretação correta destas informações é indispensável. Isto afetará diretamente os processos de tomada de decisão e permitirá que os governos e operadores projetem e executem ações de formas mais eficientes e econômicas (Kaza et al., 2018; Camolezi et al., 2021), além de contribuir com a maximização da prestação dos serviços e promover a universalização deste setor do saneamento.

Segundo Freitas et al. (2018), o Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) é a base de dados mais abrangente sobre o setor de saneamento do Brasil. A sua principal fragilidade é a participação insuficiente dos municípios e é necessário desenvolver uma forma consistente de validação dos dados do Sistema (Andrade et al., 2020). Apesar disso, Costa (2015) considera o SNIS como uma fonte adequada para analisar a efetividade de políticas públicas, pois tem capacidade de subsidiar o acompanhamento da ampliação dos serviços de saneamento, além de se basear em aspectos financeiros e operacionais. Outra vantagem do SNIS é a praticidade de se poder acessar os relatórios gerados e os dados originais, permitindo uma maior liberdade para a manipulação e tratamento dos dados (Lima et al., 2018).

No total, o SNIS disponibiliza 518 informações relacionadas à gestão de resíduos sólidos, as quais estão divididas em 14 grupos (SNIS, 2019). Esta grande quantidade de informações dificulta a análise e toma-

das de decisões por parte dos governos municipais, justificando o uso de ferramentas de estatísticas multivariadas, como a Análise dos Componentes Principais (ACP) (Hair et al., 2005). A ACP é um método iterativo que busca transformar o conjunto original das variáveis em um novo conjunto (os componentes principais), cuja principal característica é explicar o máximo da variabilidade total dos dados. Esta análise pode ser utilizada para gerar índices e agrupamento de indivíduos, de acordo com sua variação (Matos & Rodrigues, 2019; Kurita, 2020). Esta técnica vem sendo largamente utilizada na área de resíduos sólidos, como nos estudos realizados por Bayard et al. (2018), Muzyka et al. (2019), Saldarriaga et al. (2019), Shi et al. (2021) e Chen et al. (2023).

Assim, o objetivo deste estudo é aplicar Análise dos Componentes Principais (ACP) em dados do SNIS e analisar o efeito da promulgação da PNRS sobre a GRSU dos municípios mineiros mais populosos.

## Metodologia

### Seleção dos dados

Para o estudo de caso, selecionaram-se os 12 municípios mais populosos do Estado de Minas Gerais (MG) segundo o censo (IBGE, 2023). Em seguida, realizou-se o levantamento de todas as informações disponíveis no SNIS referente ao manejo de RS (total de 518 informações), entre 2002 e 2019.

Em seguida, eliminaram-se algumas informações para reduzir a quantidade de variáveis a serem consideradas na análise. Como o trabalho é voltado para os RSU, foram desconsideradas aquelas informações que focam em outras classes de resíduos, como os aqueles pertencentes aos grupos RC (resíduos de construção civil), RS (resíduos de serviços de saúde), OS (“outros serviços”, referentes à poda e capina) e VA (varrição).

O segundo critério de eliminação foi a exclusão das informações que estavam incorporadas em outra variável, por exemplo: “massa de resíduos domiciliares coletada” e “massa de resíduos públicos coletados”, sendo estas incorporadas na “massa total de resíduos coletados”. Por último, excluíram-se as informações com muitos dados faltantes, pois um dos requisitos da ACP é inexistência de lacunas, isto é, de dados faltantes.

Uma vez que o intuito deste estudo foi analisar o contexto destes municípios com a promulgação da Política em relação aos índices gerados (componentes principais), incluíram-se para cada município duas observações, sendo estas um registro antes da promulgação da PNRS<sup>1</sup> e outro após. Dentre os doze municípios mais populosos, cinco foram eliminados pela inexistência de todas as informações desejadas naquele intervalo de tempo, sendo estes os municípios de Betim, Montes Claros, Ribeirão das Neves, Ipatinga e Sete Lagoas.

Dentre as 13 variáveis finais consideradas para este trabalho (Tabela 1), três são categóricas (sim/não) sendo estas: CA8 - “Existe algum trabalho social por parte da prefeitura direcionado aos catadores?”; CO19 – “Os resíduos sólidos domiciliares e públicos coletados são enviados para outro município?”; e CO131 – “Há execução de coleta com elevação de contêineres por caminhão compactador (coleta containerizada), mesmo implantada em caráter de experiência?”. Assim, para dar sequência na análise, atribuíram-se o valor “um” para o cenário considerado como mais favorável e o valor “zero” para o menos favorável.

---

1 Considerou-se 2010 como anterior à promulgação da PNRS, pois a Política foi publicada em agosto daquele ano (com eleições presidenciais em outubro) e, portanto, os municípios não tiveram tempo hábil para se adaptarem/ajustarem à Lei.

Efeitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos na gestão de resíduos sólidos urba-nos (RSU) dos municípios populosos minei-ros: uma análise multivariada

Tabela 1 – Dados selecionados para a ACP deste estudo

| Identificação | Município            | Ano  | POP_URB (hab) | CA6 (Entidade) | CA 7 (Catador) | CA8 (s/n) | CO 19 (s/n) | CO 119 (t/ano) | CO 131 (s/n) | CS9 (t/ano) | CS26 (t/ano) | FN208 (R\$/ano) | FN220 (R\$/ano) | FN221 (R\$/ano) | FN222 (R\$/ano) |
|---------------|----------------------|------|---------------|----------------|----------------|-----------|-------------|----------------|--------------|-------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1             | Belo Horizonte       | 2005 | 2.375.329     | 7              | 373            | 0         | 1           | 917.791,0      | 0            | 7.252,30    | 7.252,30     | 52.098.441,20   | 135.548.785,80  | 82.669.230,00   | 66.762.630,18   |
| 2             | Contagem             | 2009 | 619.945       | 2              | 54             | 1         | 1           | 240.730,6      | 0            | 1.143,20    | 1.205,80     | 16.573.781,54   | 42.315.603,01   | 520.410,00      | 669.308,58      |
| 3             | Divinópolis          | 2008 | 206.334       | 1              | 12             | 1         | 1           | 41.412,3       | 0            | 48,00       | 48,00        | 3.318.480,00    | 5.591.509,56    | 9.307.100,00    | 4.965.685,13    |
| 4             | Governador Valadares | 2006 | 247.824       | 1              | 62             | 1         | 1           | 51.564,5       | 1            | 480,00      | 822,10       | 3.851.620,34    | 9.029.685,62    | 8.686.345,00    | 7.719.260,89    |
| 5             | Juiz de Fora         | 2008 | 516.288       | 1              | 0              | 1         | 1           | 122.899,9      | 1            | 39,60       | 407,30       | 5.191.526,97    | 30.554.428,04   | 17.397.529,50   | 18.649.353,24   |
| 6             | Santa Luzia          | 2009 | 230.737       | 1              | 12             | 1         | 1           | 34.647,2       | 0            | 19.331,80   | 25.131,40    | 5.247.324,59    | 5.729.405,01    | 2.680.000,00    | 2.083.232,94    |
| 7             | Uberaba              | 2010 | 289.376       | 2              | 100            | 1         | 1           | 79.233,0       | 0            | 633,50      | 744,00       | 4.920.625,27    | 21.562.159,35   | 7.600.000,00    | 8.505.233,61    |
| 8             | Uberlândia           | 2006 | 585.716       | 3              | 78             | 0         | 1           | 123.278,7      | 1            | 107,50      | 107,50       | 7.415.939,23    | 24.769.956,50   | 6.547.000,00    | 5.726.196,25    |
| 9             | Belo Horizonte       | 2019 | 2.512.070     | 6              | 224            | 1         | 0           | 779.889,0      | 0            | 6.559,00    | 7.288,00     | 104.689.921,00  | 405.773.519,00  | 294.559.384,00  | 279.285.587,00  |
| 10            | Contagem             | 2017 | 656.351       | 2              | 64             | 1         | 1           | 144.227,3      | 1            | 1.214,50    | 1.276,70     | 11.465.736,06   | 66.586.021,15   | 15.449.088,00   | 19.765.393,96   |
| 11            | Divinópolis          | 2019 | 232.079       | 3              | 45             | 0         | 1           | 51.600,0       | 0            | 1.200,00    | 1.800,00     | 8.376.000,00    | 12.408.000,00   | 17.300.000,00   | 15.547.875,99   |
| 12            | Governador Valadares | 2019 | 268.858       | 2              | 110            | 1         | 0           | 63.673,2       | 0            | 1.259,10    | 2.010,20     | 9.246.117,00    | 23.537.857,87   | 17.680.000,00   | 22.349.252,09   |
| 13            | Juiz de Fora         | 2014 | 544.449       | 2              | 48             | 0         | 1           | 205.374,8      | 1            | 350,60      | 455,60       | 10.191.077,10   | 56.592.081,23   | 36.153.061,07   | 37.877.004,64   |
| 14            | Santa Luzia          | 2012 | 205.094       | 1              | 9              | 0         | 1           | 38.893,4       | 1            | 111,20      | 150,10       | 5.860.320,63    | 7.158.126,74    | 3.600.000,00    | 2.539.142,73    |
| 15            | Uberaba              | 2019 | 326.327       | 1              | 80             | 0         | 1           | 98.092,0       | 1            | 130,00      | 1.800,00     | 10.044.220,50   | 29.146.663,45   | 38.104.024,48   | 25.788.121,44   |
| 16            | Uberlândia           | 2019 | 672.138       | 6              | 61             | 0         | 1           | 204.176,6      | 1            | 2.123,50    | 2.429,40     | 28.756.117,88   | 136.884.392,90  | 59.048.000,00   | 22.897.885,30   |

Fonte: Adaptado de SNIS (2023).

Legenda: CA6 - Quantidade de entidades associativas; CA7 - Quantidade de associados; CA8 - Existe algum trabalho social por parte da prefeitura direcionado aos catadores?; CO19 - Os resíduos sólidos domiciliares e públicos coletados são enviados para outro município?; CO119 - Quantidade total de RDO e RPU coletada por todos os agentes; CO131 - Há execução de coleta com elevação de contêineres por caminhão compactador (coleta containerizada), mesmo implantada em caráter de experiência?; CS9 - Quantidade total de materiais recicláveis recuperados; CS26 - Qtd. total recolhida pelos 4 agentes executores da coleta seletiva acima mencionados; FN208 - Despesa total com o serviço de coleta de RDO e RPU; FN220 - Despesa total com serviços de manejo de RSU; FN221 - Receita orçada com a cobrança de taxas e tarifas referentes à gestão e manejo de RSU; e FN222 - Receita arrecadada com taxas e tarifas referentes à gestão e manejo de RSU.

### Obtenção dos componentes principais

A ACP foi realizada por meio do programa “R v. 3.5.1” (R Core Team, 2018) o qual é integrado para “R” e seu uso é por meio de programação. As informações obtidas nesta etapa foram: variância de cada componente, variância proporcional, variância proporcional acumulada, autovetores (peso de cada variável sobre os componentes) e os escores (novas variáveis de acordo com os componentes).

### Análise dos resultados

A partir da seleção dos componentes principais e seus respectivos autovetores, eles foram relacionados com os princípios e objetivos estabelecidos na Política, indicando-se também os itens da Lei que não foram contemplados em sua totalidade pelos municípios mineiros mais populosos.

Em seguida, os escores calculados a partir dos componentes foram analisados, permitindo identificar se houve mudanças na GRSU com a promulgação da Lei em 2010. Para isso, verificou-se qual componente apresentou maior alteração no escore e os dados originais foram consultados para pontuar as alterações a serem destacadas.

## Resultados

### Componentes Principais

A “variância proporcional” e “variância proporcional acumulada” de cada componente (Figura 1) está indicado pelas colunas verdes e linha laranja, respectivamente.

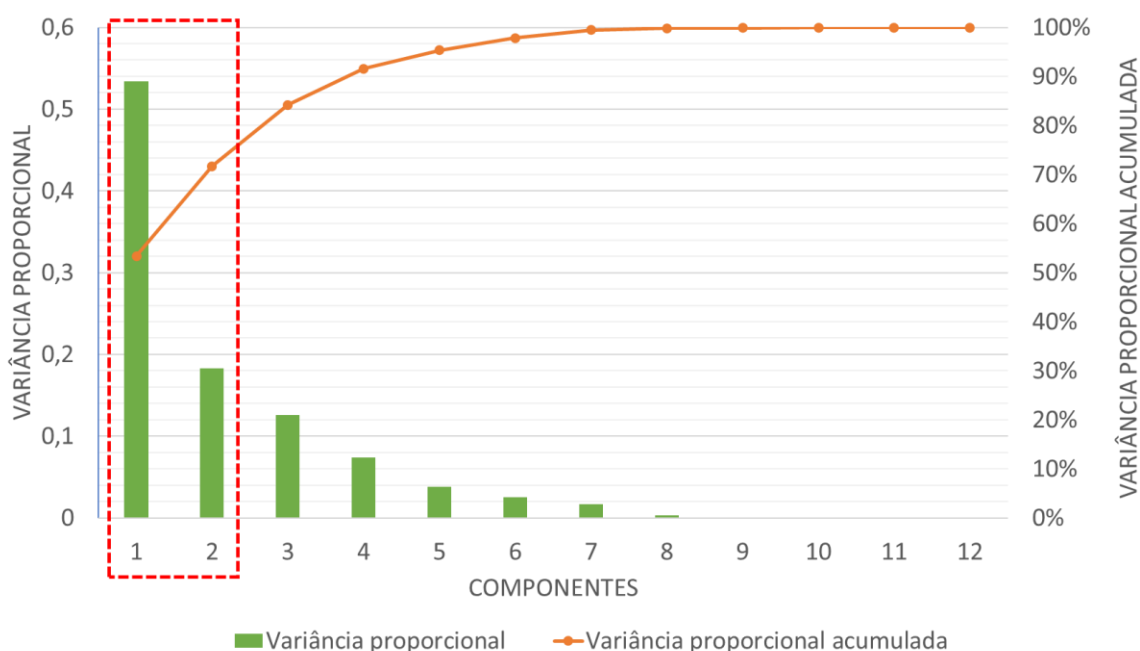


Figura 1 – Variância proporcional e proporcional acumulada por componente. Fonte: Autores.

Destacaram-se os dois primeiros componentes, pois estes obtiveram uma variância proporcional acumulada de 71,7%, isto é, retratam mais de 70% da variância das informações originais (ver retângulo vermelho tracejado). Por isso, considerou-se que estes dois componentes são suficientes para este estudo. A no-

menclatura adotada para cada componente foi C1 “Financeiro e massa coletada” e C2 “Coleta seletiva e programas sociais”. A escolha dos nomes dos componentes foi justificada pelos autovetores dos componentes principais 1 (C1) e 2 (C2) (Tabela 2). Os autovetores indicam as variáveis com maiores pesos e, assim, trazem maiores informações para o componente.

Tabela 2 – Autovetores dos componentes 1 e 2

| Variável original | CA6          | CA7          | CA8    | CO19   | CO119        | CO131  | CS9           | CS26          | FN208        | FN220        | FN221        | FN222        |
|-------------------|--------------|--------------|--------|--------|--------------|--------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| C1                | <b>0,317</b> | <b>0,311</b> | 0,015  | -0,246 | <b>0,353</b> | -0,158 | 0,144         | 0,114         | <b>0,388</b> | <b>0,372</b> | <b>0,370</b> | <b>0,364</b> |
| C2                | 0,176        | 0,091        | -0,375 | 0,068  | 0,098        | 0,385  | <b>-0,554</b> | <b>-0,572</b> | 0,066        | 0,097        | 0,076        | 0,052        |

Fonte: Autores.

O autovetor C1 foram considerados coerentes, uma vez que as variáveis com maiores pesos possuem o mesmo sinal. Isto retrata que, quanto maiores forem FN221 (Receita orçada com a cobrança de taxas e tarifas referentes à gestão e manejo de RSU), FN222 (Receita arrecadada com taxas e tarifas referentes à gestão e manejo de RSU.), FN208 (Despesa total com o serviço de coleta de RDO e RPU) e FN220 (Despesa total com serviços de manejo de RSU), maior será CO119 (Quantidade total de RDO e RPU coletada por todos os agentes). Teoricamente, a maior disponibilidade de recursos financeiros resulta em maior investimento em equipamentos e mão de obra para coleta regular de resíduos e para associações de catadores de materiais recicláveis, o que influencia também na maior quantidade de entidades associativas (CA6) e de associados (CA7).

As variáveis CO19 (Os resíduos sólidos domiciliares e públicos coletados são enviados para outro município?) e CO131 (Há execução de coleta com elevação de contêineres por caminhão compactador - coleta containerizada -, mesmo implantada em caráter de experiência?) são categóricas e o valor “zero” foi atribuído para a situação de respostas negativas para ambos os casos. Interpreta-se que a correlação existente com as demais informações está de acordo com a maior demanda financeira para estas duas etapas do manejo de RS. Ao mesmo tempo que a destinação em outro município e *containerização* da coleta podem implicar em maior custo para o município, isto também pode resultar em economias.

Essas economias seriam resultadas do elevado custo que a operação de um aterro sanitário implica para uma administração municipal ou pela redução da rota (distância e tempo de serviço), pois a coleta passaria a ser ponto a ponto em vez de porta a porta. Entretanto, esta questão não foi investigada neste estudo, sendo recomendadas pesquisas futuras mais detalhadas quanto a estes fatores e o custo do serviço de coleta e do manejo.

O C1 (Financeiro e massa coletada), responsável pela representação da maior variância proporcional, retrata que a sustentabilidade econômico-financeira do setor é importante. Das et al. (2019) pontuam que o desempenho das GRSU depende da viabilidade econômica e que investimentos no setor de resíduos sólidos também podem ser considerados como positivos para a gestão sustentável dos resíduos, sendo viável a cobrança de impostos/taxas do serviço.

Inclusive, a cobrança de taxas/tarifas foi prevista na Política Nacional de Saneamento Básico (Brasil, 2007) e reforçada no objetivo X (Art. 7º) da PNRS (Brasil, 2010), como uma forma de garantir a sustentabilidade e equilíbrio econômico-financeiro da prestação dos serviços de saneamento, incluindo o de manejo de resíduos. Além disso, a cobrança garante recursos financeiros para a GRSU e serviço de coleta, liberando uma parcela significativa dos recursos municipais que poderiam ser destinados para financiar outros setores de interesse público, sendo considerada como uma oportunidade para a gestão municipal (Nanda & Berruti, 2021; Ribas & Pinheiro, 2019).

A quantidade gerada de resíduos é a primeira etapa para qualquer estratégia de GRSU, o que corrobora com o maior peso da variável CO119 (Quantidade total de RDO e RPU coletada por todos os agentes)

para C1. Ademais, a redução da geração de RSU é fundamental para uma gestão sustentável, tendo em vista a contínua expansão da quantidade de resíduos produzidos hoje pelos municípios, principalmente nos centros urbanos, afastando-se da destinação simplista de RSU para aterros sanitários (Batista et al., 2021). Além de considerar isso como um dos maiores desafios da GRSU, Das et al. (2019) sugere que as medidas educativas para os cidadãos é uma forma de promover essa redução, além de incentivar o uso de dispositivos que recuperem parte dos seus resíduos nas próprias residências, como aqueles voltados para a fração orgânica dos RSU por meio da compostagem.

Já o segundo componente (C2), as variáveis CS9 (quantidade total de materiais recicláveis recuperados) e CS26 (quantidade total recolhida pelos 4 agentes da coleta seletiva) obtiveram um maior valor e com sinal negativo, ou seja, quanto maiores as quantidades recuperada e coletada dos materiais recicláveis, menor será o escore final da observação. Este mesmo raciocínio também cabe à variável CA8 (existência de programas sociais direcionados aos catadores), cuja correlação com as duas anteriores faz sentido, pois o apoio por parte da prefeitura aos catadores incentiva-os a se associarem às cooperativas de materiais recicláveis, contribuindo para com o aumento da reciclagem municipal.

No caso da variável CO131 (Há execução de coleta com elevação de contêineres por caminhão compactador - coleta *containerizada* -, mesmo implantada em caráter de experiência?), a mesma obteve o terceiro maior valor do autovetor com sinal positivo para C2. A princípio, esta correlação com sentido oposto não era esperada, pois a coleta com elevação de contêineres seria um indicativo de que a população é mais participativa na GRSU ao se deslocarem para dispor seus resíduos em um contêiner, em vez de apenas depositá-los na porta de suas respectivas residências. Assim, previa-se que esta maior participação popular também refletisse na separação e destinação correta dos materiais recicláveis.

O fato desta variável ser categórica e não detalhar a informação incorporada, impossibilita uma análise de forma mais profunda sobre esta correlação. Isso porque a existência de um único contêiner em todo o município já é suficiente para a prefeitura responder positivamente a este critério, não trazendo a informação sobre a área abrangida ou população atendida com este tipo de coleta. Dessa forma, considera-se como um potencial estudo futuro investigar as consequências da coleta *containerizada* sobre a gestão municipal de RSU e/ou refazer a análise dos componentes principais sem considerar esta variável, pois esta pode estar comprometendo a qualidade dos resultados obtidos.

Por fim, considerou-se o componente C2 (Coleta seletiva e programas sociais) como pertinente e atual para a temática. Isso, pois, a recuperação dos materiais recicláveis está atrelada à questão da transição para a economia circular e a inexistência de meios de recuperação destes materiais implica na destinação inadequada. Cosenza et al. (2020) consideram que dentre os diferentes desafios para incorporar a economia circular na cadeia produtiva e consumo, os que se destacam são: segregação dos resíduos na fonte insuficiente, baixa aceitação dos produtos reciclados pelos consumidores e empresas, falta de investimentos financeiros e políticos no setor, e, dispersão geográfica das empresas pertencentes ao mesmo ciclo do produto.

## Relação PNRS e Componentes

Após consultar a PNRS, identificou-se que C1 (Financeiro e Massa Coletada) retrata superficialmente o princípio III (Art. 6º), sendo este “a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública” (Brasil, 2010). Esta associação foi feita, pois destacaram-se informações de diferentes grupos de informações, referentes aos catadores, coleta regular e dados financeiros do manejo de RSU. Ou seja, considerou-se que os municípios incorporaram diferentes variáveis simultaneamente e o conceito da visão sistêmica.



Além disso, esse componente se mostrou como um índice bastante relacionado com o objetivo X da PNRS (Art. 7) (Brasil, 2010), que dispõe sobre a universalização da prestação dos serviços com adoção de mecanismo gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados. Apesar da impossibilidade de verificar a universalização, pois a informação da quantidade/percentual da população atendida não foi incorporada no estudo, o índice registra a massa coletada e parte da questão financeira municipal com o manejo de resíduos.

Porém, a verificação do cumprimento deste objetivo através deste índice se mostra inadequada, pois não fica evidente se as despesas municipais foram financeiramente sustentáveis, como os diversos serviços foram contemplados, nem qual o nível e sua qualidade. Para isto, seria necessário incluir no índice variáveis que relacionassem as despesas com a receita arrecadada, como por exemplo o índice “IN005 – Auto-suficiência financeira da prefeitura com manejo de RSU” disponibilizado no próprio SNIS.

O C2 (Coleta seletiva e programas sociais), cujas variáveis com maiores pesos são as de coleta seletiva, relaciona-se com os princípios VII (responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos) e VIII (reconhecimento dos resíduos sólidos reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania) da PNRS (Brasil, 2010). Isto porque quanto maior a participação da população na separação correta e destinação adequada (responsabilidade compartilhada), maior é a quantidade coletada e recuperada de materiais recicláveis. Ademais, o investimento na coleta seletiva poderia resultar em uma maior quantidade de associados, caso o sistema de coleta seletiva não seja mecanizado ou terceirizado. A valorização desta classe é retratada pela variável CA8 (Existe algum trabalho social por parte da prefeitura direcionado aos catadores?), a qual fortalece a questão de cunho social relacionada com a gestão de materiais recicláveis de um município.

Somado a isso, este componente também retrata parcialmente o objetivo VI da PNRS, que dispõe sobre o incentivo à indústria da reciclagem. Porém, as variáveis inclusas na análise não descrevem o incentivo ao reuso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados. Neste mesmo sentido, verificou-se que o instrumento III da PNRS “a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos” (Brasil, 2010) também é contemplado parcialmente por este índice, pois não há como inferir sobre os sistemas de logística reversa e responsabilidade compartilhada, a menos de outras informações.

O último instrumento que deve ser enaltecido aqui, pois é retratado por ambos os componentes, é o “IV - o incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis” (Brasil, 2010). O C1 carrega a informação sobre quantidade de associações de associados, enquanto o C2 reflete a existência de iniciativas sociais voltadas para os catadores de materiais recicláveis. Evidentemente uma análise qualitativa da atuação das cooperativas e da eficiência destas iniciativas sociais se faz necessária.

### **Efeitos da Política**

A partir das análises anteriores, os componentes obtidos foram considerados como adequados para as discussões seguintes. O gráfico *biplot* dos dois componentes (Figura 2) indica os pesos e direções de cada variável original em relação aos respectivos componentes e o escore obtido para cada observação (município por ano). Os escores estão representados na Figura 2 pelo número de identificação enquanto os valores e a variação dos escores estimados (Tabela 3), estão apresentados na sequência.

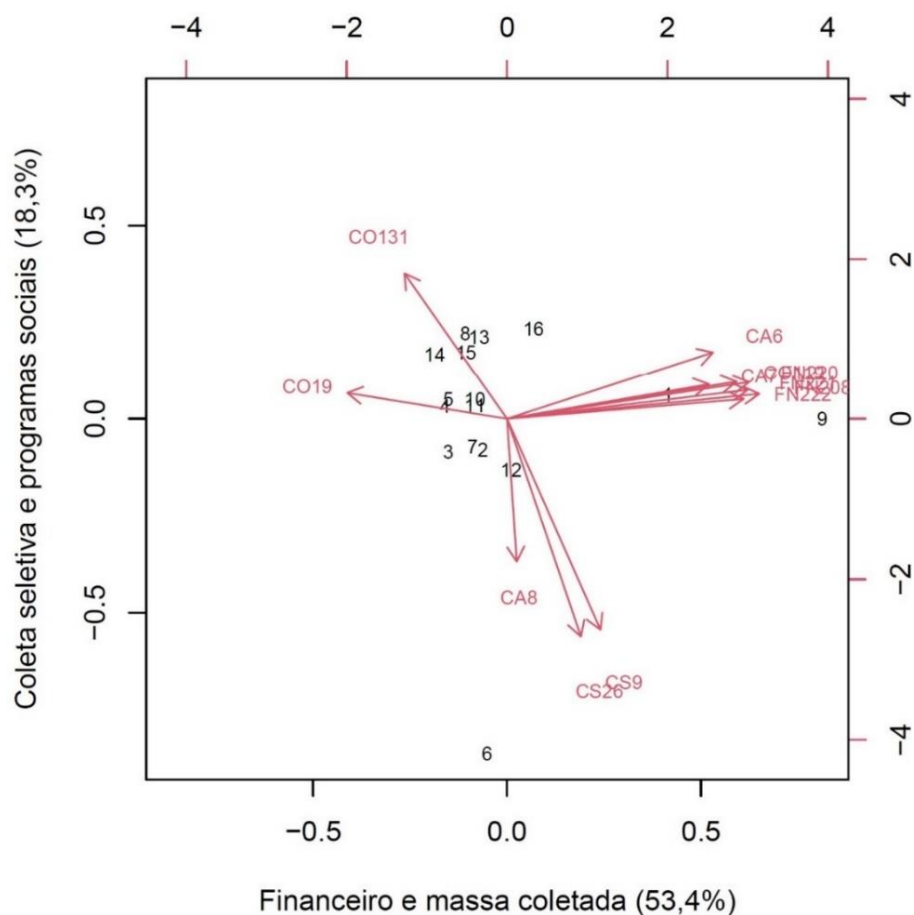


Figura 2 – Biplot C1 x C2 sobre as variáveis de manejo de RSU dos municípios populosos mineiros pela ACP. Fonte: Autores.

Tabela 3 – Escores obtidos para cada componente e observação

| Município            | Identificação |          | C1 (Financeiro e massa coletada) |          |          | C2 (Coleta seletiva e programas sociais) |          |          |
|----------------------|---------------|----------|----------------------------------|----------|----------|--|----------|----------|
|                      | Pré PNRS      | Pós PNRS | Pré PNRS                         | Pós PNRS | Variação | Pré PNRS                                 | Pós PNRS | Variação |
| Belo Horizonte       | 1             | 9        | 4,19                             | 8,23     | 96%      | 0,37                                     | -0,004   | -101%    |
| Contagem             | 2             | 10       | -0,63                            | -0,84    | -33%     | -0,48                                    | 0,29     | 160%     |
| Divinópolis          | 3             | 11       | -1,54                            | -0,84    | 45%      | -0,51                                    | 0,2      | 139%     |
| Governador Valadares | 4             | 12       | -1,61                            | 0,11     | -107%    | 0,2                                      | -0,79    | -495%    |
| Juiz de Fora         | 5             | 13       | -1,53                            | -0,73    | 52%      | 0,3                                      | 1,26     | 320%     |
| Santa Luzia          | 6             | 14       | -0,52                            | -1,9     | -265%    | -5,12                                    | 0,99     | 119%     |
| Uberaba              | 7             | 15       | -0,9                             | -1,08    | -20%     | -0,43                                    | 1,02     | 337%     |
| Uberlândia           | 8             | 16       | -1,09                            | 0,69     | 163%     | 1,31                                     | 1,38     | 5%       |

Fonte: Autores.

Uma vez que o gráfico gerado conta com algumas sobreposições, os escores obtidos foram representados em outro formato para facilitar a compreensão do leitor (Figura 3). Os municípios estão indicados por cores diferentes e o instante (pré ou pós PNRS) indicado pelo formato dos marcadores (triângulo e circunferência).

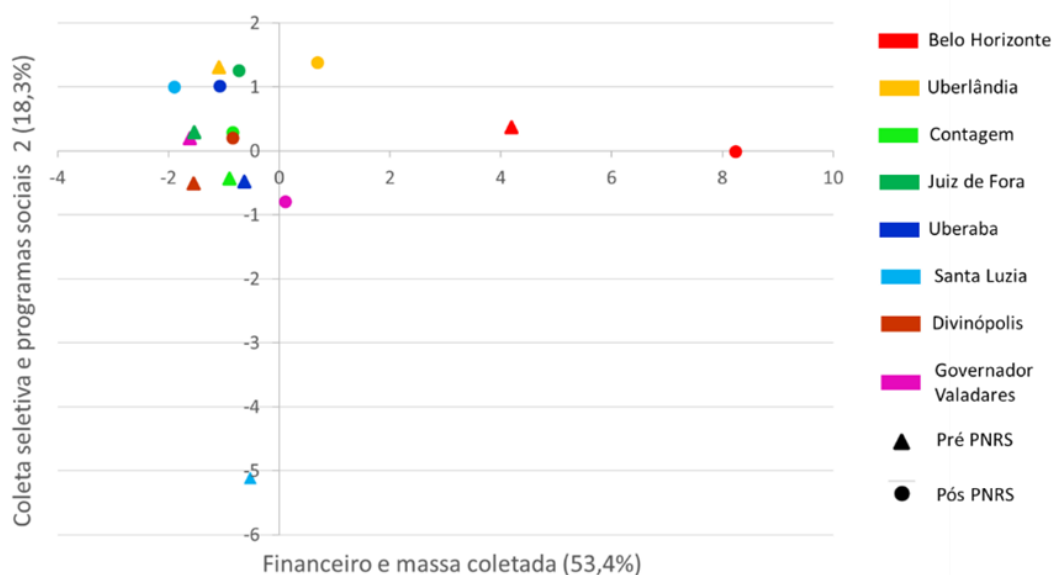


Figura 3 – Posicionamento dos escores obtidos na ACP. Fonte: Autores.

De acordo com o resultado, verificou-se que todos os municípios apresentaram mudanças dos escores com a promulgação da Política Nacional. Destaca-se aqui que a maioria dos municípios apresentou maiores alterações em relação ao C2, sendo que apenas Uberlândia (indicado pelos marcadores amarelos) apresentou uma maior diferença nos escores relacionadas ao C1.

No caso de Belo Horizonte, os dados originais retratam que houve um aumento significativo das informações financeiras em 14 anos. Isso resultou na diferença evidente entre os escores, destacando-se a variação em relação ao C1 (96%). Apesar do aumento da receita arrecadada e das despesas municipais com o manejo de RSU, os dados de massa coletada, a quantidade de associações/associados e a massa de materiais recicláveis recuperados diminuíram, o que denota involução da GRSU. Isso é um indicativo que a gestão municipal priorizou o cumprimento do objetivo X da PNRS, o qual dispõe sobre a universalização da prestação do serviço com adoção de mecanismos econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados (Brasil, 2010).

Porém, o aumento significativo de FN220 (Despesa total com serviços de manejo de RSU) e FN222 (Receita arrecadada com taxas e tarifas referentes à gestão e manejo de RSU), associado com a diminuição de CO119 (Quantidade total de RDO e RPU coletada por todos os agentes) levanta a hipótese de que o recurso financeiro foi gerenciado de forma insatisfatória. Isto é apoiado nos dados obtidos no SNIS, os quais indicam que a massa coletada de materiais recicláveis por todos os agentes permaneceu quase a mesma entre 2005 e 2019. Assim, descarta-se a possibilidade de que a redução do CO119 tenha sido decorrente da maior eficiência do sistema de coleta seletiva e recuperação de materiais recicláveis para o caso de Belo Horizonte.

Ainda sobre a capital mineira, identificou-se que o valor negativo atribuído à variável CO19 (destinação dos resíduos coletados para outro município) resultou na diferença dos escores em relação ao C1, pois Belo Horizonte mudou o destino final dos RSU no intervalo de tempo analisado. Segundo a prefeitura (Belo Horizonte, 2023), em dezembro de 2007 o aterro público da cidade deixou de receber os resíduos, os quais passaram a ser dispostos no aterro sanitário privado de Macaúbas (Sabará-MG). Inclusive, este fenômeno implica em maiores despesas para o município, comprometendo o uso das receitas municipais obtidas, dado a maior distância percorrida para a disposição final.

Como limitação deste estudo, pontua-se a falta de dados disponíveis no SNIS, resultando na adoção de diferentes instantes de tempo para cada município. No caso de Santa Luzia, a diferença é de apenas 3 anos, muito menor se comparados aos demais (em torno de 10 anos ou mais). Ao conferir os dados do SNIS, o panorama de Santa Luzia é muito insatisfatório e há a possibilidade de as informações estarem incorretas.

Primeiramente, menciona-se a piora muito significativa em relação ao manejo dos materiais recicláveis, pois constatou-se que o programa social voltado aos catadores já não existia mais em 2012 e que a massa de materiais recicláveis coletados e recuperados reduziu mais de 90%. A razão que levou a esta queda brusca no sistema de coleta seletiva não foi encontrada na literatura e em documentos oficiais da prefeitura. Somado a isso, a despesa com o manejo aumentou em torno de 25%, a massa coletada de resíduos teve um incremento de 12,5% aproximadamente, não equivalendo ao montante que deixou de ser coletado para reciclagem. Em outras palavras, Santa Luzia gastou mais, apresentou menor atuação do sistema de coleta seletiva e reciclagem e houve um aumento significativo da massa coletada de RSU, não respeitando a hierarquia de ações prioritárias prevista no Art. 9º da PNRS (Brasil, 2010).

No caso de Governador Valadares, o intervalo de tempo é de 13 anos e foi observado uma mudança mais significativa no escore em relação ao C2 (Coleta seletiva e programas sociais). Apesar do município também ter encerrado programas sociais voltados para os catadores, os dados originários indicam um fenômeno diferente ao de Santa Luzia. Isto, porque, em Governador Valadares, a massa de materiais recicláveis coletados e recuperados aumentou em torno de 150%, o que é coerente considerando o aumento de 77% da quantidade de catadores associados.

Dessa forma, a variação dos escores evidencia que os municípios mineiros populosos priorizaram medidas voltadas para a coleta seletiva e recuperação dos materiais recicláveis, pois os escores variaram na média 61% positivamente, enquanto a média para o primeiro componente foi de 9% negativamente. Gonçalves et al. (2022) corroboram com esta discussão, pois os autores observaram “experiências exitosas de coleta seletiva com a inserção dos catadores de materiais recicláveis e/ou reutilizáveis” nos treze municípios mais populosos de MG. Os municípios destacados pelos autores foram Belo Horizonte, Juiz de Fora, Betim, Governador Valadares, Sete Lagoas e Uberlândia. Portanto, considera-se este panorama como positivo, indicando que as administrações municipais estão buscando agregar valor aos resíduos e estimular o desenvolvimento de mercado.

Deve ser esclarecido que em Minas Gerais, a Lei nº 19.823, de 22 de novembro de 2011, instituiu o programa Bolsa Reciclagem (Minas Gerais, 2011). A Bolsa Reciclagem promove a constituição e a atuação legal das cooperativas e associações de catadores, por meio de incentivos financeiros. Dessa forma, esta maior atuação da coleta seletiva pode ter sido resultado da implementação deste programa. Franco & Ribeiro (2022) apresentaram a experiência deste Programa, no estado de Minas Gerais, como fator de indução da coleta seletiva com inclusão socioprodutiva dos catadores. A partir de levantamento bibliográfico e documental, os autores verificaram que a quantidade de associações cadastradas aptas ao repasse passou de 71 (2012) para 157 (2022), a massa coletada de material reciclada aumentou 158% entre 2012 e 2020 e que o programa repassou um montante de R\$26.213.203,92 entre 2012 e 2021 (inclusive).

Apesar desse avanço, o sistema de coleta seletiva encontra-se em “estágio embrionário” em mais da metade dos treze municípios mais populosos. A falta de conhecimento técnico para a viabilização da PNRS, desconhecimento sobre práticas para o correto descarte dos resíduos e quantidade de material descartado foram considerados como alguns dos fatores limitantes (Gonçalves et al., 2022). Ou seja, é nítido que a promulgação da PNRS foi relevante para que as administrações municipais tomassem providências quanto à GRS, mesmo limitando-se mais ao sistema de coleta seletiva e não englobando todos os princípios previstos na Política ou atendendo todos os objetivos.

### **Potencialidades e fragilidades**

A principal limitação foi a falta de informações disponíveis no SNIS e a qualidade dos dados duvidosa. Isso dificultou o uso do sistema para a obtenção de um diagnóstico das gestões municipais e análise da qualidade delas antes e depois da promulgação da Lei, usando ACP. Esta fragilidade também foi identificada por Andrade et al. (2020), os quais consideraram a participação dos municípios insuficiente e constataram diferença de alguns dados ao comparar com outra base de dados. Portanto, o sistema é considerado como frágil, mesmo sendo o banco de dados com a maior série histórica e mais consistente.

Por exemplo, a questão de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida e logística reversa, ambos previstos na PNRS, poderia ser verificada de forma mais precisa por meio dos dados do grupo OS (Outros Serviços) do SNIS. Enquanto a existência de Políticas e Planos municipais, informações estas (Grupo PO – Política e plano municipal de saneamento básico) que tampouco constavam no Sistema, constatou-se muitos dados faltantes apesar de sua relevância. Assim, não foi possível inferir sobre estes fatores da GRSU neste estudo.

Ainda em relação aos Planos, a existência de tais documentos não implica em maior qualidade da GRSU. A própria PNRS (Brasil, 2010) estabelece o conteúdo mínimo previsto em seu Art. 19º e a revisão periódica com o máximo de 10 anos. Ou seja, deve ser verificado se o município conta com um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) que retrate a realidade local e se as estratégias desenhadas são viáveis financeiramente e com recursos técnicos e humanos suficientes para a sua operação. Sugere-se, portanto, o desenvolvimento de um estudo específico para a análise destes Planos (quando houver), verificando o atendimento do conteúdo mínimo previsto, se a Agenda estipulada está sendo cumprida e se as ações estabelecidas estão sendo executadas.

Em relação aos resultados deste trabalho, o aumento da massa coletada não deve ser considerado como um fator inteiramente positivo. Este fenômeno pode indicar que o município está na direção da universalização do serviço de coleta, mas também pode apontar um aumento da geração de resíduos. Por isso, este comportamento deve ser observado em conjunto com a população atendida e área abrangida do serviço de coleta, pois, caso estes últimos fatores sejam constantes, isto representaria um aumento da geração *per capita* de RSU, conforme hipótese levantada para o município de Santa Luzia.

Além disso, a massa coletada pela coleta regular deve ser associada com a massa coletada de materiais recicláveis. Pois, se este valor diminui enquanto a massa da coleta regular aumenta, isto pode indicar que a fração reciclável está sendo destinada de forma inadequada para os locais de disposição final, sejam estes aterros sanitários, aterros controlados ou lixões a céu aberto. Considerando o melhor cenário, isto é, destinação dos RSU para aterro sanitário, os diferentes tipos de materiais recicláveis não recuperados implicam em uma redução do tempo de vida útil destas unidades, cujas áreas possíveis para esta finalidade já estão escassas no Brasil.

Os escores indicam que a Política teve efeito sobre a GRSU, principalmente em relação aos materiais recicláveis (mais representados pelo C2). Apesar deste resultado ser positivo, destaca-se que um sistema de GRSU deve considerar simultaneamente as dimensões: política, econômica, ambiental, cultural e social, conforme disposto no Art. 3º, parágrafo XI, da PNRS (Brasil, 2010). Sendo assim, os municípios devem estabelecer Políticas e Planos para atender a Lei, contemplando: medidas preventivas; incentivos para indústria da reciclagem; uso de materiais recicláveis e reciclados; estabelecimento de parcerias entre os diferentes setores da sociedade; busca pelo atendimento de coleta de RS de 100% da população urbana; e sua disposição de forma ambientalmente adequada.

Vale destacar aqui que a cadeia da reciclagem depende da atuação dos catadores informais no Brasil, pois são agentes fundamentais na reinserção dos resíduos recicláveis na cadeia produtiva, uma vez que a

participação da população é insuficiente. Além disso, a inclusão social desta classe está prevista tanto na PNRS quanto na Política Estadual de Resíduos Sólidos de Minas Gerais (Gonçalves et al., 2022).

Todavia, a expansão da coleta seletiva não é uma tarefa trivial, principalmente por causa do maior custo quando comparado com o sistema de coleta convencional. Segundo Galavote et al. (2023), esta despesa pode ser reduzida se a ampliação for implementada simultaneamente com políticas de educação ambiental, para reduzir tanto os rejeitos quanto a geração *per capita*, além de estratégias para otimizar rotas de coleta e adoção as organizações de catadores como agente executor, por meio de um serviço com modalidade mista.

No Brasil, onde predomina-se a fração orgânica nos RSU (quase 50%), uma consideração especial deve ser feita sobre sua rota para GRSU, o que não foi possível neste estudo por meio da ACP. Além das medidas preventivas, é absolutamente imprescindível um programa vigoroso de compostagem (doméstica, institucional, coletiva ou escolar), incentivado pelas prefeituras. Esta estratégia contribui com a descentralização da GRSU, isto é, o sistema de coleta e disposição final ficariam menos sobrecarregados, aumentando a vida útil dos aterros sanitários brasileiros, além de promover a geração de renda e retorno dos nutrientes para o solo (Nanda & Berruti, 2021; Das et al., 2019).

Outra fragilidade identificada foi a visão reducionista da GRSU, ainda muito limitada para a disposição final dos resíduos sólidos, o que foi associado com a meta de erradicação dos lixões. Entretanto, os Panoramas do Estado e do País indicam que o caminho a ser adotado é instalação de aterros sanitários. Esta medida é considerada como adequada, mas não como a mais recomendada, pois há cada vez menos áreas disponíveis para a implementação de novos aterros, além de manter a centralização da destinação dos RSU. Somado a isso, é possível gerar energia a partir de diferentes tecnologias, como já implementado em países da Europa (Mancini et al., 2021), o que retrataria o incentivo de princípios voltados para a economia circular e a reinserção dos diferentes tipos de materiais na cadeia produtiva.

A questão da erradicação dos lixões deve ser pontuada mesmo que não tenha sido incorporada na ACP. A razão pela exclusão desta informação na análise foi a inexistência deste dado no SNIS. Ademais, como o escopo do trabalho está limitado aos municípios mais populosos, e conseqüentemente aqueles que mais geram RSU, quase a totalidade dos municípios já destinava seus resíduos para aterros sanitários antes mesmo da promulgação da PNRS, como Belo Horizonte, que destina seus resíduos para aterro sanitário desde 1975 (Belo Horizonte, 2023).

Porém, de acordo com o Ide-Sisema (2023) o município de Divinópolis é o único dentre os estudados nesta pesquisa que ainda destina seus RSU para lixão. Este retrato é alarmante considerando a idade das Políticas Estadual (Minas Gerais, 2009) e Nacional (Brasil, 2010). A destinação dos resíduos sólidos em aterro sanitário está prevista no PMGIRS (Divinópolis, 2013) e é uma das metas do Consórcio Intermunicipal de Aterro Sanitário do Centro-Oeste Mineiro – CIAS Centro Oeste (Minas Gerais, 2023).

De acordo com a PNRS, a erradicação dos lixões deveria ter ocorrido até 2014 (Brasil, 2010). Porém, o prazo já foi prorrogado duas vezes, sendo que atualmente os municípios devem regularizar esta questão entre 31 de dezembro de 2020 até 2 de agosto de 2024, o que vai depender do porte populacional de cada município (Brasil, 2020). Além desta Agenda, em Minas Gerais, houve o programa “Minas sem Lixão” (PMSL) que foi criado em 2003 pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). No caso, o Estado delimitou metas mais ambiciosas se comparado com a União, pois foi estabelecido o encerramento de 80% dos 823 lixões existentes em 2003 e atender 60% da população urbana com sistemas tecnicamente adequados e devidamente licenciados até dezembro de 2011 (FEAM, 2019).

Apesar dos avanços apresentados nos Panoramas de Minas Gerais, 308 municípios mineiros ainda destinavam seus resíduos para lixões em 2021. Isto retrata o descaso quanto ao cumprimento da Lei e atendimento do PMSL, sendo necessário a adequação dos prazos para que eles deixem de destinar seus resíduos para locais totalmente inapropriados e sem dispositivos de controle ambiental (Canella et al., 2021; SEMAD,

2022). Segundo Nascimento et al. (2022), a hipótese levantada para a não erradicação dos lixões é “a realidade econômico-financeira enfrentada pela maioria dos municípios brasileiros” e que somente a imposição da lei não é capaz de garantir o cumprimento das normas de saneamento básico.

Por isso, um estudo de caso específico em relação à erradicação dos lixões deve ser realizado nos municípios que ainda destinam seus RSU para estes locais, como o caso de Divinópolis, sendo necessário retratar o perfil socioeconômico destes municípios, identificar as dificuldades encontradas para atender a Lei e verificar se há meios de solucionar tais problemas.

## Conclusão

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) é o principal marco legal brasileiro em relação a resíduos sólidos. A PNRS estabelece diversos princípios e objetivos aos quais os municípios, estados e união devem seguir considerando as premissas do desenvolvimento sustentável. O objetivo deste trabalho - reduzir a quantidade de variáveis fornecidas pelo SNIS e verificar o cumprimento da PNRS por parte dos municípios mineiros mais populosos, através da Análise dos Componentes Principais (ACP) – foi atingido.

Apesar da limitação deste estudo referente aos dados disponíveis no SNIS, confirma-se que a ACP é uma técnica viável para reduzir a quantidade de informações fornecidas pelo SNIS, sendo que duas componentes são suficientes para representar mais de 70% da variância das 12 informações originais consideradas neste estudo de caso. Ainda assim, uma análise qualitativa se faz oportuna, complementando os resultados obtidos pela ACP. As novas variáveis obtidas, isto é, os escores da ACP, permitiram identificar que a promulgação da PNRS trouxe mudanças na gestão de RSU dos municípios populosos de Minas Gerais.

Neste sentido, os municípios apresentaram maiores alterações dos escores em relação ao C2 (Coleta seletiva e programas sociais) do que C1 (Coleta seletiva e programas sociais). Este foco na implementação da coleta seletiva deve ser acompanhado por outros fatores, como o incentivo da instalação de indústrias recicladoras e mercado para o comércio dos produtos reciclados. Apesar de ser um retrato positivo, considerou-se esta mudança inferior ao esperado, dado a idade da política, potencial dos municípios e programas estaduais existentes, como o Programa Bolsa Reciclagem.

Outro ponto é que o sistema de GRSU é muito mais complexo e requer medidas que vão além da reciclagem em si e da visão reducionista para a destinação final, mesmo que o panorama mineiro retrate atraso no cumprimento da meta de erradicação dos lixões. Os gestores deveriam buscar estratégias baseando-se numa visão sistêmica, com caráter interdisciplinar e considerando outras etapas do manejo de RSU. Portanto, apesar dos efeitos da PNRS observados, identifica-se uma falta de comprometimento das prefeituras municipais com o atendimento da PNRS, principalmente nestes municípios populosos. Apesar dos seus respectivos sistemas de GRSU serem maiores e mais complexos, esperava-se que as condições técnicas, financeiras e administrativas fossem superiores quando comparados com municípios menores, justificando maiores avanços além da coleta seletiva.

## Declaração de disponibilidade de dados

O conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste artigo está disponível no SciELO DATA e pode ser acessado em <https://doi.org/10.48331/scielodata.QIVJAJ>

## Bibliografia

Andrade, A. E. F., Santos, K. M. dos., Nour, É. A. A., & Sarmento, N. F. (2020). *Análise Comparativa de dados nominais e numéricos do sistema nacional de informações sobre saneamento (SNIS)*. In XI CONGRESSO

BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. Vitória (ES). Anais [...]. Bauru: IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e de Saneamento, 2020. Trabalho IX-004. Recuperado em 15 de fevereiro, de 2022 de <https://www.ibeas.org.br/congresso/congresso11.htm>

Barros, R. T. V., & Silveira, Á. V. F. (2019). Uso de indicadores de sustentabilidade para avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Belo Horizonte. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 24(2), p. 411-423. DOI: 10.1590/s1413-41522019177499

Batista, M., Caiado, R. G. G., Quelhas, O. L. G., Lima, G. B. A., Leal Filho, W., & Yparraguirre, I. T. R. (2021). Framework for sustainable and integrated municipal solid waste management: Barriers and critical factors to developing countries. *Journal of Cleaner Production*, v. 312, 127516. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127516>

Bayard, R., Benbelkacem, H., Gourdon, R., & Buffière, P. (2018). Characterization of selected municipal solid waste components to estimate their biodegradability. *Journal of Environmental Management*. v. 216, p. 4-12. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.04.087>

Belo Horizonte (2023). *Destinação e Tratamento de Resíduos Sólidos*. Prefeitura de Belo Horizonte, Belo Horizonte (MG), Recuperado em 23 de julho de 2023 de <https://prefeitura.pbh.gov.br/slu/informacoes/destinacao-tratamento-residuos-solidos>

Brasil (2007). *Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Institui a Política Nacional de Saneamento Básico*. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

Brasil (2010). *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

Brasil (2020). *Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000*. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

Camolezi, J. Z., Moraes, C. S. B., Pinto, W. L. H., & Martires, M. B. M. (2021). Diagnóstico sobre as dificuldades e boas práticas existentes para a implementação e gerenciamento da lei 12305/10 - Política Nacional de Resíduos Sólidos, através da análise de indicadores de sustentabilidade. In: 31º CONGRESSO DA ABES, Curitiba, PR. Anais [...]. Rio de Janeiro: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Trabalho 1127. Recuperado em 3 de junho de 2023 de <https://icongresso.abes-dn.itarget.com.br/anais/index/index/cc/9>

Canella, C. De M., Gomes, F. B. R., & Castro, S. R. (2021). Sustainability Indicators in Solid Waste Management: A Case Study in a Developing Country. *Journal of Sustainable Development*. 14(5), p. 74-83. 10.5539/jsd.v14n5p74

Chaves, G. L. D., Santos Júnior, J. L., & Rocha, S. M. S. (2014). The challenges for solid waste management in accordance with Agenda 21: a Brazilian case review. *Waste Management & Research*, v. 32, n. 9, p. 19-31. DOI: <https://doi.org/10.1177/0734242X14541987>



Chen, S., Yu, L., Zhang, C., & Wu, Y.; Li, T. (2023). Environmental impact assessment of multi-source solid waste based on a life cycle assessment, principal component analysis, and random forest algorithm. *Journal of Environmental Management*. 339, 117942. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117942>

Cosenza, J. P., Andrade, E. M., & Assunção, G. M. (2020). A circular economy as an alternative for Brazil's sustainable growth: analysis of the National Solid Waste Policy. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade (GeAS)*. 9(1), p. 1-28, e16147. 10.5585/GEAS.V9I1.16147

Costa, S. (2015). Auditoria e certificação das informações do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS): Um caminho necessário para a melhoria da qualidade da regulação e da gestão no setor de saneamento. In: *IX Congresso Brasileiro de Regulação – 3ª Expo ABAR*. Brasília, DF.

Das, S., Lee, S. H., Kumar, P., Kim, K. H., & Lee, S. S.; Bhattacharya, S. S. (2019). Solid waste management: Scope and the challenge of sustainability. *Journal of Cleaner Production*. 228, p. 658-678. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.323>

Divinópolis (2013). *Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos*. CONEPP Consultoria Ltda: abril de 2023. Recuperado em 29 de julho de 2023 de <https://www.divinopolis.mg.gov.br/portal/servicos/121/plano-municipal-de-gerenciamento-integrado-de-residuo-solidos>

Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). (2019). *Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no Estado de Minas Gerais em 2018*. Belo Horizonte: Feam, 171 p.

Franco, R. G., & Ribeiro, J. C. J. (2022). Programa bolsa reciclagem: impactos na política de coleta seletiva do estado de Minas Gerais. *Revista de Direito, Economia e Desenvolvimento Sustentável*. 8(1), p. 94–128.

Freitas, R. M. S., Smiderle, J. J., Dias, S. S., Souza, R. M. de, & Zidde, C. (2018). *Medindo o saneamento: potencialidades e limitações dos bancos de dados brasileiros*. FGV CERI (Centro de Educação em Regulação e Infraestrutura). Recuperado em 9 de agosto de 2021 de <http://hdl.handle.net/10438/23000>

Galavote, T., Sena, L. G., Calixto, L. M., Dutra, R. M. de S., Coimbra, T. C., Chaves, G. de L. D., & Siman, R. R. (2023). Avaliação do efeito do fortalecimento da coleta seletiva nos custos de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 15, e20220108. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.015.e20220108>

Gonçalves, S. S., Vasconcelos, F. C. W., & Barros, R. (2022). Gestão de resíduos sólidos urbanos sob a óptica dos gestores municipais: limites e possibilidades nos municípios mineiros mais populosos. *Desafio Online*, Campo Grande, 10(3). DOI: [doi.org/10.55028/don.v10i3.15269](https://doi.org/10.55028/don.v10i3.15269)

Hair, J., Anderson, R., Tatham, R., & Black, W. (2005). *Análise Multivariada de dados*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman. 688 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). (2023). *Censo Demográfico – 2022*. Recuperado em 23 de julho de 2023 de <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>

Sisema (IDE) (2023). *Infraestrutura de Dados Espaciais*. Recuperado em 15 de junho de 2023 de <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>

- Iyamu, H. O., Anda, M., & Go, G. (2020). A review of municipal solid waste management in the BRIC and high-income countries: A thematic framework for low-income countries. *Habitat International*, 95, 102097. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.102097>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Urban Development Series. Washington, DC: World Bank.
- Kurita, T. (2020). Principal Component Analysis (PCA). In: IKEUCHI, K. (ed.). *Computer Vision – A Reference Guide*. Springer Cham, 2020. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03243-2\\_649-1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03243-2_649-1)
- Lima, J., Silva, A., Silva, E., Costa, K., & Silveira, R. (2018). Análise de indicadores de resíduos sólidos obtidos na plataforma SNIS referentes à zona urbana do município de Parauapebas – PA. In: *I CONGRESSO SUL-AMERICANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SUSTENTABILIDADE – CONRESOL*. Gramado (RS). Anais [...]. Bauru: IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e de Saneamento, 2018. Trabalho IV-070. Recuperado em 25 de agosto de 2021 de <https://www.ibeas.org.br/conresol/iconresol.htm>
- Maiello, A., Britto, A. L. N. de P., & Valle, T. F. (2018). Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Revista de Administração Pública*. Rio de Janeiro. v. 52, n. 1, p. 24-51. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-7612155117>
- Mancini, S. D., Medeiros, G. A. de, Paes, M. X., Oliveira, B. O. S. de, Antunes, M. L. P., Souza, R. G. de, Ferraz, J. L., Bortoleto, A. P., & Oliveira, J. A. P. de. (2021). Circular Economy and Solid Waste Management: Challenges and Opportunities in Brazil. *Circular Economy and Sustainability*. 1, p. 261–282. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00031-2>
- Martins, I. M., Carvalho Júnior F. H. de, & Galvão Júnior A. de C. (2022). Averiguação e analogia das ferramentas constantes nas políticas estaduais e nacional dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. *REVISTA AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*. 15(2), p. 701-713. <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.2.79287>
- Matos, D. A. S., & Rodrigues, E. C. (2019). *Análise fatorial*. ENAP - Escola Nacional de Administração Pública, Brasília – DF. E-book. 75p. ISBN: 9788525601186. Recuperado em 20 de fevereiro de 2020 de <http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/4790>
- Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR). (2021). *Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Visão Geral*. Brasília, dezembro de 2021. Recuperado em 13 de junho de 2023 de <http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos>
- Minas Gerais (2009). *Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos*. Palácio da Liberdade, Belo Horizonte.
- Minas Gerais (2011). *Lei nº 19.823, de 22 de novembro de 2011. Dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro a catadores de materiais recicláveis – Bolsa Reciclagem*. Palácio Tiradentes, Belo Horizonte, 2011.
- Minas Gerais (2023). *Estado inicia projeto para desativar 26 lixões no Centro-Oeste*. Recuperado em 30 de julho de 2023 de <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/estado-inicia-projeto-para-desativar-26-lixoes-no-centro-oeste>

Muzyka, R., Chrubasik, M., Pogoda, M., Tarnowska, J., & Sajdak, M. (2019). Py-GC-MS and PCA Analysis approach for the detection of illegal waste combustion processes in central heating furnaces. *Chromatographia*. 82(7), p. 1101-1109. <https://doi.org/10.1007/s10337-019-03747-4>

Nanda, S., & Berruti, F. (2021). Municipal solid waste management and landfilling technologies: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 19, p. 1433-1456. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01100-y>

Nascimento, E. C., Rodrigues, A. F., Neder, C. V. G., & Andrade, F. R. de. (2022). O consórcio intermunicipal entre as soluções de disposição de resíduos sólidos urbanos: um estudo econômico aplicado no sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*. 9(21), p. 497-508. DOI: [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2022\)092132](https://doi.org/10.21438/rbgas(2022)092132)

R Core Team (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Recuperado em 30 de outubro de 2020 de <https://www.R-project.org/>

Ribas, L. M., & Pinheiro, H. (2019). Taxa de resíduos sólidos como instrumento para promoção do direito fundamental ao meio ambiente equilibrado. *Revista Direito Economia Socioambiental*. 10(2), p. 233-260. DOI: <https://dx.doi.org/10.7213/rev.dir.econ.soc.v10i2.23915>

Saldarriaga, J. F., Gallego, J. L., López, J. E., Aguado, R., & Olazar, M. (2019). Selecting monitoring variables in the manual composting of municipal solid waste based on principal component analysis. *Waste and Biomass Valorization*. 10(7), p. 1811-1819. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0208-y>

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD. (2022). *Panorama resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais: ano base 2021*. (p. 135). Belo Horizonte: Semad.

Shi, Y., Wang, Y., Yue, Y., Zhao, J., Mareseni, T., & Qian, G. (2021). Unbalanced status and multidimensional influences of municipal solid waste management in Africa. *Chemosphere*. 281, 130884. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130884>

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). (2019). *Glossário de Informações – Resíduos Sólidos*. Recuperado em 06 de dezembro de 2022 de <http://antigo.snis.gov.br/glossarios>

Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). (2023). *Série Histórica*. Recuperado em março de 2023, de <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>

---

**Editor responsável:** Luciene Pimentel da Silva

Recebido: 23 jan. 2023

Aprovado: 01 out. 2023