

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**HAYANA DOS SANTOS JAINES**

**AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUO PLÁSTICO DOMÉSTICO EM GRANDES  
CIDADES BRASILEIRAS**

**CURITIBA**

**2024**

**HAYANA DOS SANTOS JAINES**

**AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUO PLÁSTICO DOMÉSTICO  
EM GRANDES CIDADES BRASILEIRAS**

**EVALUATION OF HOUSEHOLD PLASTIC WASTE MANAGEMENT IN LARGE  
BRAZILIAN CITIES**

Trabalho de Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós – Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Dr<sup>a</sup> Renata Ruaro

**CURITIBA**

**2024**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Curitiba**



HAYANA DOS SANTOS JAINES

**AVALIAÇÃO DA GESTÃO DE RESÍDUO PLÁSTICO DOMÉSTICO EM GRANDES CIDADES  
BRASILEIRAS**

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ciência E Tecnologia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Tecnologias E Processos Ambientais.

Data de aprovação: 02 de Julho de 2024

Dra. Renata Ruaro, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Andre Nagalli, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Viviane Trevisan, Doutorado - Universidade do Estado de Santa Catarina - Udesc

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 10/09/2024.

Dedico este trabalho à minha família, mesmo morando distante, sempre farei o possível para me fazer presente.

## **AGRADECIMENTOS**

Meus agradecimentos iniciais são voltados à minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr. Renata Ruaro, pelos ensinamentos e diretrizes ao longo da trajetória do mestrado, além da paciência e primor em cada orientação, minha eterna admiração como profissional e ser humano.

Estendo meus agradecimentos à Universidade Tecnologia Federal do Paraná – UTFPR, bem como ao Programa de Pós – Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental – PPGCTA, pela estrutura, recursos disponibilizados, além do fomento à pesquisa científica. O programa está muito bem representado pelo Prof. Dr. o Charles Windson Isidoro Haminiuk, meus agradecimentos pela coordenação, por ser solícito e sanar todas as minhas dúvidas com prontidão.

Gostaria de finalizar e direcionar os meus agradecimentos a toda minha família, principalmente a minha mãe Gláucia, por toda amorosidade e criação impecável que considero que a tive; ao meu pai Délmer o qual me inspiro pela coragem, assim tornei-me uma pessoa destemida muito através dele; bem como o meu tio João Fernando, por sempre me orientar e me aconselhar sobre estudos e independência financeira; a minha avó Gládis, pelo afeto, zelo desde sempre e sou muito orgulhosa da nossa relação; a minha avó Maria de Lourdes (in memoriam) a qual tive exemplo de potência e fortaleza feminina desde tenra idade; ao meu irmão Lorrان Jaines, por toda preocupação fraterna e ao meu namorado Elias Mateus, o meu mais sincero agradecimento a ele, o qual é excepcional e que admiro muito. Encerro meus agradecimentos a todos meus amigos que estiveram ao meu lado e principalmente a Aureanívea Pires Machado, pelo auxílio e orientação quanto ao inglês, desde a prova de proficiência à revisão literária.

Não existem resíduos industriais, mas sim,  
falta de conhecimento ou vontade em utilizar  
estes valiosos materiais  
(Vsévolod Mymrine, 2023)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Aula ministrada pelo Drº Professor Vsévolod Mymrine, em 21 de Março de 2023.

## RESUMO

A geração de resíduos sólidos é algo inerente às atividades humanas, porém, o gerenciamento inadequado pode acarretar consequências adversas tanto para saúde humana quanto ambiental. O resíduo plástico, em particular, tem gerado uma preocupação em especial, pois estudos têm demonstrado efeitos adversos da destinação inadequada de resíduos plásticos nos ecossistemas. O objetivo geral deste presente trabalho é avaliar a gestão dos resíduos sólidos urbanos, com ênfase ao resíduo plástico doméstico em grandes cidades brasileiras, Porto Alegre, Curitiba, São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, Fortaleza, Belém, e Manaus, principalmente no que diz respeito à recuperação do plástico a partir da coleta seletiva. Para isso, informações sobre a geração e coleta de resíduos desses oito municípios foram obtidas no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico - SNIS, entre os anos de 2016 a 2020. Para avaliação da gestão do resíduo plástico doméstico, foram utilizados os parâmetros sobre a quantidade de resíduos coletados pela coleta seletiva e convencional, a quantidade de material recuperado total e plástico recuperado, obtidos diretamente do SNIS, e os parâmetros geração de plástico e percentual de plástico recuperado perante a geração, estimados a partir de dados do SNIS e dos planos de gestão integrada de resíduos sólidos dos municípios avaliados. A análise de correlação de Spearman foi utilizada para identificar relações entre os indicadores relacionados à recuperação do resíduo plástico doméstico e aspectos socioeconômicos (Índice de Desenvolvimento Humano e Produto Interno Bruto). Os resultados evidenciaram que dentre os municípios avaliados, São Paulo e Rio de Janeiro são os maiores geradores de resíduos plásticos domésticos, enquanto Belém e Porto Alegre os menores geradores. A quantidade média de plástico gerado não oscilou no período estudado. Em geral, os resultados indicam baixas percentagens de recuperação do resíduo plástico para todos os municípios estudados, o percentual de recuperação não passou, em média, de 10%. Porto Alegre, Brasília e Rio de Janeiro apresentaram os maiores percentuais de recuperação de resíduos plásticos (4,9%, 5,7%, 3,4%, respectivamente), porém, Brasília apresentou uma tendência de redução na recuperação do resíduo plástico doméstico. Observou-se também uma correlação positiva entre a recuperação do plástico e a coleta seletiva com o Produto Interno Bruto dos municípios ( $r = 0,7$ ). Enquanto para alguns municípios como Curitiba e Porto Alegre a taxa de cobertura da coleta seletiva chega a 100%, em outros nos municípios não extrapolou 5%, como em Belém, e 19% em Manaus. Esses resultados são importantes, pois geram reflexão sobre a problemática da gestão do resíduo plástico e evidenciam um ponto de atenção em relação aos programas de gerenciamento de resíduos sólidos municipais adotados em grandes cidades brasileiras.

Palavras-chave: Brasil. Coleta Seletiva. Gestão de resíduos sólidos urbanos. Resíduo sólido municipal.

## ABSTRACT

Solid waste generation is inherent in human activities, but inappropriate management can adversely affect human and environmental health. Plastic waste, in particular, has generated a particular concern, as studies have shown the adverse effects of the inadequate disposal of plastic waste on ecosystems. The general objective of this work is to evaluate the management of urban solid waste, with emphasis on domestic plastic waste in large Brazilian cities, Porto Alegre, Curitiba, Sao Paulo, Rio de Janeiro, Brasilia, Fortaleza, Belém, and Manaus, especially in what It concerns the recovery of plastic from selective collection. To this end, information on the generation and waste collection of these eight municipalities was obtained from the National Sanitation Information System - SNIS, from 2016 to 2020. In order to evaluate the management of domestic plastic waste, the parameters used were related to the amount of waste collected by selective and conventional collection, as well as the total amount of recovered plastic. The data were obtained from the SNIS. The parameters related to the generation of plastic and the percentage of plastic recovered considering the total generated were estimated from SNIS and based on the Integrated Management of Solid Waste Plans developed by the municipalities assessed. Spearman correlation analysis was used to identify relationships between indicators related to the recovery of domestic plastic waste and socioeconomic aspects (Human Development Index and Gross Domestic Product). The results showed that among the evaluated municipalities, São Paulo and Rio de Janeiro are the largest generators of domestic plastic waste. In contrast, Belém and Porto Alegre are the smallest ones. The average amount of plastic generated did not vary in the studied period. In general, the results indicate low percentages of plastic waste recovery for all studied municipalities; the recovery percentage did not pass an average of 10%. Porto Alegre, Brasilia, and Rio de Janeiro presented the largest percentages of plastic waste recovery (4.9%, 5.7%, and 3.4%, respectively), but Brasilia presented a reduction tendency for the recovery of domestic plastic waste. There was also a positive correlation between plastic recovery and selective collection with the Gross Domestic Product of the municipalities ( $r = 0.7$ ). While for some municipalities, such as Curitiba and Porto Alegre, the selective collection coverage rate reaches 100%, in other municipalities, it did not go beyond 5%, as in Belém and 19% in Manaus. These results are important because they provide us a reflection on the plastic waste management issue and draw attention to municipal solid waste management programs adopted in large Brazilian cities.

**Keywords:** Brazil. Selective waste collection. Urban solid waste management. Municipal solid waste.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Diagnósticos temáticos – SNIS.....                                                                                                                                                                                                            | 31 |
| Figura 2 - Quantidade média de resíduos sólidos urbanos domiciliares(t) por município no período de 2016 a 2020.....                                                                                                                                     | 36 |
| Figura 3 - Geração média (t) do resíduo plástico para os municípios avaliados no período de 2016 a 2020.....                                                                                                                                             | 37 |
| Figura 4 - Quantidade total de plástico gerado (t) nos municípios ao longo dos cinco anos.....                                                                                                                                                           | 38 |
| Figura 5 - Percentual do plástico recuperado nos municípios no período de 2016 a 2020 .....                                                                                                                                                              | 39 |
| Figura 6 - Tendência do percentual do plástico recuperado (%) nos municípios ao longo do período estudado .....                                                                                                                                          | 40 |
| Figura 7 - Matriz de correlação das variáveis indicadoras analisadas nesse estudo .....                                                                                                                                                                  | 43 |
| Figura 8 - Quantidade de resíduos sólidos em toneladas do município de Belém em relação à: a) resíduos sólidos urbanos coletados; b) provenientes da coleta seletiva; c) geração de resíduo plástico e d) recuperação de resíduo plástico.....           | 44 |
| Figura 9 - Quantidade de resíduos sólidos em toneladas do município de Manaus em relação à: a) resíduos sólidos urbanos coletados; b) provenientes da coleta seletiva; c) geração de resíduo plástico e d) recuperação de resíduo plástico.....          | 45 |
| Figura 10 - Quantidade de resíduos sólidos em toneladas do município de Fortaleza em relação à: a) resíduos sólidos urbanos coletados; b) provenientes da coleta seletiva; c) geração de resíduo plástico e d) recuperação de resíduo plástico.....      | 46 |
| Figura 11 - Quantidade de resíduos sólidos em toneladas do município de Brasília em relação à: a) resíduos sólidos urbanos coletados; b) provenientes da coleta seletiva; c) geração de resíduo plástico e d) recuperação de resíduo plástico.....       | 47 |
| Figura 12 - Quantidade de resíduos sólidos em toneladas do município de São Paulo em relação à: a) resíduos sólidos urbanos coletados; b) provenientes da coleta seletiva; c) geração de resíduo plástico e d) recuperação de resíduo plástico.....      | 48 |
| Figura 13 - Quantidade de resíduos sólidos em toneladas do município do Rio de Janeiro em relação à: a) resíduos sólidos urbanos coletados; b) provenientes da coleta seletiva; c) geração de resíduo plástico e d) recuperação de resíduo plástico..... | 49 |
| Figura 14 - Quantidade de resíduos sólidos em toneladas do município de Curitiba em relação à: a) resíduos sólidos urbanos coletados, b) provenientes da coleta seletiva, c) geração de resíduo plástico, e d) recuperação de resíduo plástico.....      | 50 |
| Figura 15 - Quantidade de resíduos sólidos em toneladas do município de Porto Alegre em relação à: a) resíduos sólidos urbanos coletados, b) provenientes da coleta seletiva, c) geração de resíduo plástico, e d) recuperação de resíduo plástico.....  | 51 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - População dos municípios avaliados neste estudo .....                                                        | 24 |
| Tabela 2 – Parcela do plástico na composição gravimétrica .....                                                         | 32 |
| Tabela 3 - Indicadores da gestão de resíduos sólidos domésticos avaliados neste estudo .....                            | 34 |
| Tabela 4 - Variação na geração de plástico (t) para os municípios avaliados no período de 2016 a 2020 .....             | 37 |
| Tabela 5 - Variação na recuperação de resíduo plástico (%) para os municípios avaliados no período de 2016 a 2020 ..... | 40 |
| Tabela 6 - Incidência de plástico sobre o total de material recuperado (%) .....                                        | 41 |
| Tabela 7 - Abrangência da coleta seletiva (%) .....                                                                     | 42 |
| Tabela 8 - Percentuais de resíduos sólidos urbanos, em toneladas, coletados pela coleta seletiva (%) .....              | 42 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

|       |                                                 |
|-------|-------------------------------------------------|
| ABNT  | Associação Brasileira de Normas Técnicas        |
| EA    | Educação Ambiental                              |
| IBGE  | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| NBR   | Normas Brasileiras                              |
| PEV   | Ponto de entrega voluntária                     |
| PNRS  | Política Nacional de Resíduos Sólidos           |
| RSU   | Resíduo Sólido Urbano                           |
| UTFPR | Universidade Tecnológica Federal do Paraná      |

## SUMÁRIO

|                                                                                                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                                                          | <b>13</b> |
| <b>1.1 Justificativa.....</b>                                                                       | <b>15</b> |
| <b>1.2 Objetivo geral.....</b>                                                                      | <b>16</b> |
| 1.2.1 Objetivos específicos.....                                                                    | 16        |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                                                               | <b>17</b> |
| <b>2.1 Geração de resíduos plásticos domiciliares.....</b>                                          | <b>17</b> |
| <b>2.2 Embasamento legal no Brasil.....</b>                                                         | <b>18</b> |
| <b>2.3 Resíduos plásticos na coleta seletiva .....</b>                                              | <b>19</b> |
| <b>2.4 Classificação dos resíduos plásticos .....</b>                                               | <b>20</b> |
| <b>2.5 Objetivos de desenvolvimento sustentável – ODS .....</b>                                     | <b>22</b> |
| <b>3 METODOLOGIA .....</b>                                                                          | <b>24</b> |
| <b>3.1 Municípios estudados.....</b>                                                                | <b>24</b> |
| <b>3.2 Descrição dos municípios .....</b>                                                           | <b>24</b> |
| 3.2.1 Porto Alegre.....                                                                             | 24        |
| 3.2.2 Curitiba .....                                                                                | 25        |
| 3.2.3 São Paulo .....                                                                               | 26        |
| 3.2.4 Rio de Janeiro .....                                                                          | 27        |
| 3.2.5 Brasília.....                                                                                 | 28        |
| 3.2.6 Fortaleza.....                                                                                | 28        |
| 3.2.7 Manaus.....                                                                                   | 29        |
| 3.2.8 Belém .....                                                                                   | 30        |
| <b>3.3 Coleta de dados .....</b>                                                                    | <b>30</b> |
| <b>3.4 Determinação dos indicadores da gestão do resíduo plástico domiciliar .....</b>              | <b>32</b> |
| <b>3.5 Análises dos dados.....</b>                                                                  | <b>34</b> |
| <b>4.RESULTADOS.....</b>                                                                            | <b>36</b> |
| <b>4.1 Geração e recuperação do resíduo plástico nos municípios .....</b>                           | <b>36</b> |
| <b>4.2 Abrangência e materiais coletados pela coleta seletiva .....</b>                             | <b>41</b> |
| <b>4.3 Relações entre recuperação do plástico, coleta seletiva e aspectos socioeconômicos .....</b> | <b>42</b> |
| <b>4.4 Resíduo plástico por município avaliado.....</b>                                             | <b>43</b> |
| <b>5. DISCUSSÃO .....</b>                                                                           | <b>52</b> |
| <b>6. CONCLUSÕES.....</b>                                                                           | <b>59</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                                            | <b>61</b> |
| <b>APÊNDICE A - TABELAS COMPLEMENTARES.....</b>                                                     | <b>72</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos é algo inerente às atividades humanas, porém, o gerenciamento inadequado pode acarretar consequências adversas, tanto para saúde humana quanto para o meio ambiente. Uma preocupação em especial tem emergido sobre a gestão do resíduo sólido urbano que se refere ao resíduo plástico. Diversos estudos têm demonstrado impactos ambientais e à saúde da população provenientes da gestão inadequada desse resíduo, especialmente em relação ao microplástico, como contaminação da água superficial (Alfonso *et al.*, 2020), efeitos ecotoxicológicos para organismos de água doce (Bonfanti *et al.*, 2021) e marinhos (Gola *et al.*, 2021), e até mesmo efeitos diretos à saúde humana (Alberghini *et al.*, 2022; Blackburn; Green, 2022). Por isso, é fundamental que as ações de gestão dos resíduos sólidos, em especial dos plásticos, sejam efetivas para minimizar os impactos negativos da destinação inadequada.

A temática possui certa complexidade, pois apresenta relação com diversas outras áreas, tais como processos de produção e consumo, comportamentos e hábitos da sociedade, e se insere no amplo contexto do saneamento básico (PLANARES, 2022). Um dos principais instrumentos legais no Brasil sobre a gestão de resíduos sólidos é a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, lei federal nº 12.305/2010. Essa lei prevê diversos instrumentos para amenizar o impacto da geração dos resíduos, dentre eles a coleta seletiva, reciclagem, a logística reversa e incentivo à criação de cooperativas. Porém, para que ocorra a implementação dos instrumentos citados, a gestão correta dos resíduos torna-se imprescindível. A gestão dos resíduos envolve um conjunto de esferas como o governo (federal, estadual e municipal), setor privado, organizações não governamentais e população, e ações, que vão desde a geração do resíduo, segregação, classificação, coleta (convencional e seletiva) tratamento, destinação e disposição ambientalmente adequados (Guerrero *et al.*, 2012).

Dentre as ações de gestão de resíduos, a coleta seletiva tem um papel fundamental por possibilitar a recuperação para reciclagem de diversos tipos de materiais. A coleta seletiva consiste na coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição (BRASIL, 2010). Essa ferramenta promove uma coleta específica dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSU na

fonte geradora, ou seja, a coleta de materiais recicláveis, conhecidos como resíduos secos. Além de proporcionar o reaproveitamento e a reciclagem de matérias-primas, a geração de renda com inclusão social, assim como também minimiza o impacto ambiental causado pelo aterramento dos resíduos e promove o aumento da vida útil dos aterros sanitários (Jacobi, 2006).

Porém, a média do serviço de coleta seletiva porta-a-porta varia por região brasileira, na região Norte cerca de 2% da população é atendida pelo serviço de coleta seletiva, no Nordeste 1,9%, na região Centro-Oeste 11,6%, no Sudeste 20,3%, e no Sul 31,9% (ABREMA, 2023).

Assim, é de se esperar que boa parte dos resíduos sólidos gerados com potencial para reciclagem não estão tendo essa destinação. Os níveis de reciclagem de alguns materiais no Brasil até são expressivos, semelhantes ou até em alguns casos, maiores do que em outros países, com regulamentações mais antigas e mais rígidas (Conke; Nascimento, 2018). As taxas de reciclagem no país chegam a aproximadamente 28% de papel, 70% papelão e 56% polietileno tereftalato (PET), taxas maiores do que outros países da Europa como Itália e Portugal (Rutkowski; Rutkowski, 2017). Mas, ainda assim, a coleta seletiva é responsável por apenas 1% do material reciclado no Brasil (Rutkowski; Rutkowski, 2017).

Compreender como a coleta seletiva tem contribuído para a recuperação de resíduos sólidos urbanos, como o plástico, é fundamental para melhorias nas ações de gestão, bem como na cadeia da reciclagem (Guabiroba, 2013). Desse modo, melhorar a compreensão sobre a recuperação de resíduos plásticos domiciliares a partir da coleta seletiva em grandes cidades brasileiras pode contribuir para a adoção de medidas de melhorias nos programas municipais de gerenciamento de resíduos, não apenas nessas grandes cidades, mas, nos demais municípios do país.

## 1.1 Justificativa

Caso não ocorra uma gestão adequada dos resíduos, principalmente no que diz respeito ao resíduo plástico, este se torna um problema ambiental bastante evidente, pois além da sua geração expressiva por diversos setores, há também a complexidade de degradação do material.

A disposição inadequada dos resíduos plásticos tem ocasionado agravos ao meio ambiente com efeitos negativos à biodiversidade, tanto efeitos físicos que são o resultado da ingestão de partículas (micro e macro) plásticas, quanto efeitos toxicológicos, os quais estão relacionados com o potencial de toxicidade devido à liberação de compostos presentes nas partículas de plástico (Fernandes *et al.*, 2022). Além disso, os resíduos plásticos também comprometem a qualidade ambiental dos ecossistemas marinhos. Plásticos encontrados em águas oceânicas têm como origem diversas fontes, dentre elas o transporte fluvial e atmosférico, recreação nas praias e atividades através da aquicultura, navegação e pesca (Lebreton *et al.*, 2017). Outro agravante quanto ao microplástico é a absorção em seres humanos, pois estudos recentes demonstram a presença de partículas em placentas humanas (Ragusa *et al.*, 2020).

Há mecanismos e soluções para minimizar e evitar os impactos adversos do resíduo plástico, através de embasamentos legais e aplicabilidade da lei, como a efetiva aplicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS número 12.305/2010. A coleta seletiva, foi citada como instrumento da lei e representa, principalmente, a responsabilidade compartilhada, em que todos têm a obrigatoriedade de gerir de forma eficaz e sustentável os resíduos, evitando assim os impactos negativos e danos ambientais, os quais muitas vezes são irreversíveis, aplicando – se um dos importantes princípios do direito ambiental, o princípio da precaução (BRASIL, 2010). Portanto, para o cumprimento do princípio e implementação de fato dos instrumentos da lei existente, torna-se necessário o aprofundamento de estudos e entendimento da efetividade da coleta seletiva, como também verificar determinadas lacunas na cadeia da gestão dos resíduos como a recuperação dos materiais, um passo antes da reciclagem, principalmente sobre o resíduo plástico no Brasil.

Além disso, o objetivo de desenvolvimento sustentável - ODS 11, que se refere às cidades e comunidades sustentáveis, preconiza a redução do impacto

ambiental negativo per capita das cidades até 2030, com destaque à gestão de resíduos sólidos municipais (ONU, 2023).

## **1.2 Objetivo geral**

Avaliar a gestão do resíduo plástico doméstico em oito municípios brasileiros.

### **1.2.1 Objetivos específicos**

- Identificar a quantidade de resíduos plásticos gerada nos municípios analisados;
- Verificar a quantidade de resíduos plásticos coletados pelos sistemas de coleta seletiva e convencional dos municípios em questão;
- Analisar a efetividade da recuperação de plástico provenientes de resíduos sólidos municipais em oito cidades do Brasil;
- Identificar a relação da recuperação do resíduo plástico doméstico com outros indicadores relacionados à gestão de resíduos e com aspectos socioeconômicos dos municípios.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Geração de resíduos plásticos domiciliares

O resíduo plástico é um dos itens bastante comuns nos resíduos sólidos domésticos, pois os plásticos são usados pelas pessoas em diversas atividades do cotidiano (Al-Sale *et al.*, 2009; Chen *et al.*, 2021). Os Resíduos sólidos urbanos (RSU) são aqueles originários de atividades domésticas em residências urbanas (resíduos domiciliares) e os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana (resíduos de limpeza urbana) (Pisani *et al.*, 2018). A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2023) afirma que os RSU possuem relação direta com o local onde se desenvolvem atividades humanas, tendo em vista que o descarte de resíduos é resultado direto do processo de aquisição e consumo de bens e produtos das mais diversas características.

A taxa de geração per capita (TGP) é um indicador bastante utilizado para representar a geração de RSU, pois relaciona a massa diária de resíduo produzido por habitante em uma dada localidade. Segundo o último panorama dos resíduos sólidos urbanos, há variação na quantidade média per capita de resíduo sólido urbano, em que determinadas regiões no Brasil, como estados do Sudeste e Centro - Oeste por exemplo, geram acima de 1,000 kg/hab/dia, enquanto no Nordeste a geração alcança cerca de 0,971 kg/hab/dia, e no Norte e Sul aproximadamente 0,8 kg/hab/dia (ABRELPE, 2022).

Se por um lado há uma constante geração diária de RSU, por outro não ocorre o mesmo com as taxas de recuperação, seja por ações de reaproveitamento, reciclagem ou outras formas de tratamento. Nesse estudo, considera-se a recuperação como a quantidade de resíduo plástico triado em uma associação ou cooperativa de materiais recicláveis, para que depois seja realizado o destino às usinas recicladoras. Assim, na maioria das vezes, a destinação final dos RSU acaba sendo os aterros sanitários ou até mesmo o descarte de maneira incorreta, como em ruas e corpos d'água (Plano Estratégico de Monitoramento e Avaliação do Lixo no Mar, 2022).

## 2.2 Embasamento legal no Brasil

Um dos meios para o avanço à melhoria da gestão dos RSU, bem como do resíduo plástico, é a aplicabilidade legal, manifestando-se a necessidade de uma gestão eficaz. A Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei 12.305 de 2010, estabelece diretrizes para a promoção da gestão integrada e gerenciamento dos resíduos, através de instrumentos que propiciem um diálogo permanente com os demais entes federativos (estaduais, distrital e municipais) e as entidades particulares, com vistas a harmonizar as condutas e viabilizar o gerenciamento adequado dos resíduos (Bonjardim *et al.*, 2020). Além disso, a PNRS estabeleceu uma ordem de prioridade nas ações para a gestão, no que diz respeito à geração de resíduos. A premissa tange a não geração, posteriormente a redução; reaproveitamento; reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Na esfera nacional, a Política Nacional do Meio Ambiente, lei federal nº 6.938 de 1981, descreveu em um dos seus instrumentos o Sistema Nacional de Informações sobre o meio ambiente. Haja vista que a partir da lei pioneira no quesito ambiental, as demais leis propuseram o sistema de informação, como por exemplo a lei Nacional nº 11.445 de 2007, a qual aborda a Política Nacional de Saneamento Básico, e que também regulamentou o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, sendo o maior e mais importante sistema de informações do setor de saneamento brasileiro. O SNIS possui uma base de dados que contém informações e indicadores sobre a prestação de serviços de Água e Esgotos, de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos e Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas e coleta dados sobre os respectivos tópicos desde 2002 (BRASIL, 2022). Além do SNIS, há também o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), criado a partir da PNRS e que iniciou a coleta de dados dos municípios brasileiros em 2019 (BRASIL, 2010). Essas bases diferem devido ao tempo de existência e alimentação dos sistemas; o SNIS foi criado em 1996 e vincula-se à Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, e o componente sobre os resíduos sólidos apresenta uma série histórica desde 2002 (SNIS, 2023). O SINIR é um sistema desenvolvido e gerido pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA, composto de módulos de coleta de dados direcionado aos governos municipais, estaduais e operadores privados, gerando informações novas e complementares aos

demaís sistemas existentes. Iniciou a coleta de dados a partir do ano de 2019 (SINIR, 2024).

Em relação ao saneamento, há poucos anos, foi aprovada a Lei nº 14.026 de 2020 que constitui o novo Marco Legal do Saneamento. Essa lei estabelece atribuição à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, o aprimoramento das condições estruturais do saneamento básico no País, além de tratar sobre os prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Portanto, o foco do presente estudo, baseia – se na obtenção de dados, organização e análises relacionados a bases de dados públicas, principalmente do SNIS, pois o mesmo encontra-se mais consolidado e com um período maior de coleta de dados, além das suas diversas funcionalidades que permitem a realização de consultas e a exportação dos dados para planilhas eletrônicas (BRASIL, 2022).

### **2.3 Resíduos plásticos na coleta seletiva**

Um dos instrumentos da PNRS essencial para uma gestão dos resíduos domiciliares eficaz é a coleta seletiva. A coleta seletiva consiste na coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição (BRASIL, 2010). A coleta seletiva envolve três agentes: i) O setor público, responsável pela gestão do sistema, incluindo planejamento, execução e controle da limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos; ii) a sociedade civil, responsável pela separação e disponibilização dos resíduos recicláveis; e iii) a indústria, incluindo importadores, distribuidores e comerciantes, que são responsáveis por estruturar e viabilizar o sistema de logística reversa, mediante retorno dos materiais após uso pelo consumidor (ABRELPE, 2015).

Em relação ao RSU, geralmente a separação é feita pelos moradores das cidades, e os resíduos são coletados periodicamente na frente de cada casa ou comércio, em dias e horas a serem definidos conforme o planejamento em cada município ou em cada região da cidade, dependendo do porte do município. Além disso, alguns municípios possuem pontos de entregas voluntários - PEV's em que os moradores levam os resíduos previamente separados até os pontos de coleta. Para PEV's sejam amplamente implementados, a iniciativa privada tende a ter uma

participação efetiva, cumprindo o princípio da responsabilidade compartilhada, como por exemplo, o incentivo às instalações de PEV's e apoio às associações e cooperativas de materiais recicláveis (Cerqueira-Streit *et al.*, 2023). Além dos geradores domiciliares, há os grandes geradores, porém, cada município terá a responsabilidade de definir e regulamentar quem serão caracterizados como grandes geradores (BRASIL, 2021).

A coleta porta-a-porta evidencia impactos ambientais positivos, por justamente reduzir a quantidade de resíduos dispostos em aterros sanitários e fomentando a economia circular, ou seja, a restituição de resíduos à indústria da reciclagem (Laurieri *et al.*, 2020). Porém, para que a coleta seja eficaz, necessita impreterivelmente que os geradores de resíduos façam a separação. Em geral, no Brasil, a coleta seletiva visa somente o recolhimento dos materiais recicláveis, conhecidos como resíduos secos, sendo a coleta englobando duas frações: i) orgânicos, juntamente com os rejeitos; e ii) recicláveis. Segundo Conke e Nascimento (2018) a coleta seletiva de materiais recicláveis significa compor parte de um ciclo, o qual visa a restituição dos materiais ao processo produtivo.

Contudo, para que a coleta seletiva seja potencializada e o seu objetivo seja alcançado é fundamental que os resíduos domiciliares sejam segregados e para isto, a educação ambiental - EA, também descrita como instrumento da PNRS, torna-se imprescindível para tal execução. A educação ambiental é compreendida como os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente (BRASIL, 1997). Assim, programas de EA de uma maneira não - formal, através de palestras de sensibilização e ações ambientais em um determinado município, poderiam contribuir para uma gestão mais eficiente de resíduos domiciliares uma vez que estas práticas oportunizam à população um melhor entendimento e conhecimento sobre como segregar de uma maneira correta os resíduos, bem como proporciona ao indivíduo uma mudança na maneira de agir e pensar (Saraíva *et al.*, 2018).

## **2.4 Classificação dos resíduos plásticos**

Cerca de 350 milhões de toneladas de resíduos plásticos são geradas a cada ano no mundo, e cerca de apenas 2% desse montante recebe tratamento (Our World

in Data, 2023). A América Latina é responsável por 8% do consumo global de material plástico e produz mais de 17.000 toneladas por dia de resíduos plásticos (Fernandes *et al.*, 2022). No Brasil, a geração do resíduo plástico corresponde a cerca de 3,4 milhões de toneladas anualmente, e apenas 757 mil toneladas (22,3%) são mecanicamente recicladas (Correa *et al.*, 2022).

Os resíduos plásticos envolvem uma ampla gama de produtos, e possuem sete categorias de classificação, conforme sua composição química e formas de reciclagem, em que: PET ou PETE (Tereftalato de polietileno); PEAD (Polietileno de alta densidade); PVC (Policloreto de Vinila ou cloreto de vinila); PEBD (Polietileno de baixa densidade); PP (Polipropileno); PS (Poliestireno) e outros plásticos. Alguns plásticos são mais apropriados para passar por processos térmicos e podem ser reciclados diversas vezes (por exemplo, o PET), já outros não (por exemplo, PEAD e PP) (NBR 13.230/2018).

Além das categorias existentes, uma preocupação que tem surgido nos últimos tempos é sobre os microplásticos, os quais possuem formas de micropartículas, ou seja, menores do que 5 mm. Para Gupta *et al.* (2022) os tipos de plásticos poluentes e suas fontes são: 1) pellets de plástico e outros plásticos primários, como por exemplo os plásticos manufaturados que são utilizados como matéria-prima (pellets, fibras têxteis); 2) tecidos sintéticos; 3) pneus e outros similares, como também plásticos usados como marcadores de estradas; 4) produtos de cuidados pessoais; 5) Utilização única de plástico em embalagens e plástico na indústria alimentícia; 6) Indústria de medicamentos; 7) Indústria pesqueira; 8) Plástico encontrados em bitucas de cigarros.

Os microplásticos conhecidos como secundários são oriundos do processo de degradação dos plásticos no ambiente, devido à exposição à radiação solar, sendo um dos fatores principais da degradação (Bajt, 2020). Como também por interações foto - oxidativas, mecânicas, química e/ou biológica (Golwala *et al.*, 2020). Também é comum encontrá-los em aterros sanitários, bem como no efluente doméstico, variando os formatos e dimensões das micropartículas, muitas delas provenientes dos microplásticos granulares de produtos de cuidados pessoais, fibras de roupas sintéticas e embalagens plásticas domésticas (Golwala *et al.*, 2020).

O resíduo plástico tem ocasionado uma preocupação peculiar, pois há a liberação de fragmentos e partículas de plástico para o ambiente, principalmente nas águas oceânicas. Um estudo desenvolvido por Xiang *et al.* (2021) evidenciou aumento

expressivo no número de pesquisas científicas ao longo da última década abordando microplásticos, ressaltando o interesse mundial atual nessa problemática ambiental.

## **2.5 Objetivos de desenvolvimento sustentável – ODS**

Os assuntos ambientais no Brasil tiveram destaques na década de 80, mais precisamente em 1981, através das criações de leis, como a Lei nº 6.938 de 1981 e a Constituição Federal de 1988, com o artigo 225, que instituiu o direito dos cidadãos brasileiros ao ambiente ecologicamente equilibrado. Logo na sequência, em 1992, ocorreu a Conferência das Nações Unidas no Rio de Janeiro, conhecida como a Cúpula da Terra.

Neste encontro que ocorreu no Brasil, foi criada a Agenda 21, documento que visa alcançar mudanças para um novo modelo de desenvolvimento sustentável para o século XXI, para que todos os países signatários da ONU, incluindo o Brasil, pudessem se comprometer com o atendimento da Agenda (Ministério do Meio Ambiente, 2024).

Em meados dos anos 2000, houve a criação de oito Objetivos do Milênio, com o mesmo sentido de propagar e executar ideias sustentáveis, visando questões socioambientais, econômicas e de desenvolvimento, com metas até o ano de 2015, como: 1 – Acabar com a fome e a miséria; 2 – Atingir o ensino básico universal; 3 – Igualdade entre sexos e valorização da mulher; 4 – Reduzir a mortalidade infantil; 5 – Melhorar a saúde das gestantes; 6 – Combater a AIDS, a malária e outras doenças; 7 – Qualidade de vida e respeito ao meio ambiente e 8 – Estabelecer uma parceria mundial para o desenvolvimento.

Passado o prazo da meta estabelecida houve a expansão e o incremento de mais objetivos, que passaram a 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS, como também conhecidos como a Agenda 2030, pois o prazo para o cumprimento vai até o ano de 2030, são eles : 1 – Erradicação da pobreza; 2 – Fome Zero e agricultura sustentável; 3 – Saúde e Bem – Estar; 4 – Educação de Qualidade; 5 – Igualdade de Gênero; 6 – Água potável e saneamento; 7 – Energia Limpa e Acessível; 8 – Trabalho Decente e Crescimento Econômico; 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura; 10 – Redução das Desigualdades; 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis; 12 – Consumo e Produção Responsáveis; 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima;

14 – Vida na Água; 15 – Vida Terrestre; 16 – Paz, Justiça e Instituições Eficazes e 17 – Parcerias e Meios de Implementação (UNICEF BRASIL, 2024).

No ODS 12 – Produção e consumo sustentáveis, foram incluídas metas em relação à gestão sustentável e o uso eficiente dos recursos naturais, à redução da geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso, caracterizando assim, a importância dos instrumentos para a adequada gestão dos resíduos sólidos domiciliares.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Municípios estudados

Foram incluídos nesse estudo oito municípios brasileiros: Porto Alegre, Curitiba, São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, Fortaleza, Belém e Manaus. Esses municípios foram escolhidos porque estão entre os municípios mais populosos do Brasil (Tabela 1) e porque apresentavam dados no SNIS sobre a geração, coleta e recuperação de RSU no período estudado, que foi de 2016 a 2020. Vale ressaltar que os anos de 2021 e 2022 não foram mencionados, pois no momento que ocorreu a primeira tabulação de dados, os respectivos anos não tinham sido alimentados no sistema.

Os municípios estão localizados em diferentes regiões do Brasil, e podem representar um recorte da realidade das diferentes regiões, e, portanto, do país.

Tabela 1 - População dos municípios avaliados neste estudo

| <b>Cidades</b> | <b>População (pessoas)</b> |
|----------------|----------------------------|
| Porto Alegre   | 1.332.570                  |
| Curitiba       | 1.773.733                  |
| São Paulo      | 11.451.245                 |
| Rio de Janeiro | 6.211.423                  |
| Brasília       | 2.817.068                  |
| Fortaleza      | 2.428.678                  |
| Belém          | 1.303.389                  |
| Manaus         | 2.063.547                  |

Fonte: IBGE, 2022

#### 3.2 Descrição dos municípios

##### 3.2.1 Porto Alegre

Na cidade de Porto Alegre, o Departamento Municipal de Limpeza Urbana – DMLU é responsável pela limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos urbanos.

Dentre os trabalhos que o DMLU realiza estão as coletas domiciliar (de resíduos orgânicos e rejeitos) e seletiva (de resíduos recicláveis).

Quanto aos documentos relacionados à gestão de resíduos para a cidade, existem o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (Volume 1 –

Diagnóstica e Prognóstico), versão de 2013 e o Plano Municipal de Saneamento Básico - PMSB (Volume 1 – Diagnóstico), versão de 2015.

Em 7 de julho de 1990, começou como projeto-piloto no bairro Bom Fim, o sistema de Coleta Seletiva, que foi sendo aperfeiçoado e tornou-se referência na América Latina (DMLU, 2023). Já em 2011 foi implementada a coleta automatizada de resíduos orgânicos e rejeitos, com a instalação de 1.200 contêineres em cinco bairros, de forma integral, e de forma parcial em oito bairros. Entre janeiro e março de 2016, foi realizado o processo de duplicação do número de contêineres na cidade. Assim, atualmente, Porto Alegre conta com 2.400 contêineres nos bairros mais centrais da Capital. O serviço está disponível para 19 bairros, sendo 12 com atendimento integral (Porto alegre, 2023).

Após recolhidos pela coleta seletiva, os resíduos são encaminhados à dezoito unidades de triagem, conhecidas como UT's, cuja operação é realizada por dezessete associações formalmente constituídas. E há também uma Unidade de Triagem e Compostagem – UTC, voltada à resíduos orgânicos (PMSB, 2015). Segundo o Atlas Brasileira da Reciclagem (inserir a referência), Porto Alegre possui 17 cooperativas/associações e o acúmulo de plástico foi de 806,65 (t) em 2020/2021.

### 3.2.2 Curitiba

Em Curitiba, a Secretaria Municipal do Meio Ambiente por meio do Departamento de Limpeza Pública fica incumbida da gestão de resíduos sólidos urbanos. O Plano de Gestão Integrada de Resíduo Sólidos, volume IV, está inserido no Plano Municipal de Saneamento Básico, sendo em 2017 a última edição.

Conhecida nacionalmente como “capital ecológica”, esta caracterização foi construída com base na evolução urbana. Originalmente, com a elaboração do primeiro plano diretor da cidade no ano de 1965, o cerne do documento era sobre uma melhoria no sistema viário; transporte público; uso e ocupação do solo, como também visava a aplicação do conceito de sustentabilidade, como por exemplo o desenvolvimento econômico, social e ambiental. Anos depois e com os avanços de parques urbanos, e através da modernidade urbana com foco à educação ambiental, em vistas à preservação de áreas verdes e criação de programas para o setor de resíduos sólidos, foi dada a nomeação de capital ecológica (Dos Santos, 2022).

A cidade possui 49 cooperativas/associações de catadores de materiais recicláveis. O acumulado de resíduos plásticos em 2020 e 2021 foi de 4.120,05

(ANCAT, 2021). O município possui o Programa Ecocidadão, o qual visa melhorar a qualidade de vida dos catadores e fortalecer a rede de coleta e separação de materiais também reutilizáveis. Cada Associação participante recebe remuneração conforme a quantidade de material recebido, valor que é utilizado para cobrir as despesas. O lucro vem da venda dos materiais separados nos barracões instalados com a finalidade de atender esta etapa da cadeia dos resíduos (Curitiba, 2023).

Além disso, existem outros programas como “Lixo que não é lixo”, Câmbio Verde; e programas de ecopontos para recebimento de resíduos eletrônicos, construção civil de pequenas reformas, resíduos vegetais (podas de árvores ou grama) e mobiliários inservíveis. E programa de educação ambiental “Família Folhas” com o intuito de divulgar sobre a separação dos resíduos e rejeitos; iniciativas de energia limpa, programas de recuperação dos rios (Curitiba, 2023).

### 3.2.3 São Paulo

Conforme o Atlas Brasileiro de de Reciclagem fornecido pela ANCAT (Referenciar), consta que São Paulo possui 60 associações/cooperativas e o acumulado do resíduo plástico foi de 3.214,74 (t) em 2020 e 2021. O município é considerado o mais populoso no Brasil (PGIRS, 2014). No Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo demonstra não somente os diagnósticos dos resíduos sólidos, como também menciona a evolução da população, em que se estima um crescimento de 1,5 milhão de habitante entre 2012 a 2040 e a cidade é dividida em 32 subprefeituras (São Paulo, 2012).

São duas concessionárias responsáveis pela coleta seletiva, a primeira encarregada pela prestação dos serviços na região Noroeste do município (Centro, Norte e Oeste) e a segunda, responsável pela região Sudeste (Sul e Leste); ambas possuem concessão de 20 anos.

Os materiais recicláveis recolhidos são destinados às 25 cooperativas habilitadas na Prefeitura. Os resíduos remanescentes são encaminhados à duas Centrais Mecanizadas de Triagem, que são vinculadas a outro cooperativa, que depois de todo o processo de triagem, prensagem, pesagem, posteriormente são comercializados. Além de pontos de entrega voluntária (PEV's), com 3.810 equipamentos distribuídos pela cidade.

O Recicla Sampa, é um movimento de educação ambiental, o qual possui uma plataforma digital online que fornece conteúdos como vídeos, webdocs, tutoriais,

jogos, reportagens, notícias e entrevistas. No site é possível consultar pontos de PEV's, horários da coleta seletiva, materiais didáticos sobre como segregar os resíduos domiciliares.

#### 3.2.4 Rio de Janeiro

No Rio de Janeiro existe o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS, lançado em julho de 2021, (ano de referência 2020). O documento visa além do manejo correto dos resíduos, bem como o incentivo de implementação de mecanismos e técnicas para a redução dos gases de efeito estufa – GEE's.

O município é dividido em cinco áreas de planejamento e possui 163 bairros. Para a destinação final de resíduos, estes são divididos em centros de tratamento de resíduos – CTR's (95,48%), os quais recebem resíduos da coleta convencional, e o município tem estudado tecnologias de valorização para que ocorra a diminuição da disposição em aterros sanitários; coleta seletiva (1,39%) e coprocessamento (0,11%).

A dinâmica de coleta convencional até aos CTR's, passa de uma maneira intermediária pelas estações de transferência de resíduos – ETR's, as quais têm como objetivo o descarregamento do material coletado e para que os caminhões consigam retornar às suas atividades de coleta. No segundo momento, veículos de maior porte, realizam o carregamento novamente até ao aterro sanitário. Declara-se que ocorra uma redução dos custos de investimentos com a frota de veículos coletores, bem como a redução do tráfego na cidade e assim a diminuição de emissões de GEE's.

Quanto a Educação Ambiental a Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC), juntamente com a Secretaria Municipal de Educação (SME) e a Companhia Municipal de Limpeza Urbana (Comlurb) desenvolvem programas e ações de Educação Ambiental, os quais visam a não geração, a redução, reutilização e reciclagem de resíduos sólidos. O município possui um Centro de Educação Ambiental (CEA) e as atividades desenvolvidas são palestras, oficinas, visitas orientadas, campanhas, teatro e jogos educativos (PMGIRS, 2021). Além do CEA, existe o laboratório Vivo de Educação Ambiental e Gerenciamento de Resíduos Sólidos (LabEA), o qual atrela ciência e educação, por meio de pesquisas e projetos relacionados aos resíduos sólidos.

### 3.2.5 Brasília

Brasília possui o Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PDGIRS, datado de Março de 2018. Entre os planos estudados das demais cidades, o município possui o documento mais estruturado e completo, inclusive o detalhamento do estudo de amostragem dos resíduos, intitulado como “Estudo Gravimétrico dos Resíduos Sólidos do Distrito Federal”. O estudo dos planos foi realizado nas 31 regiões administrativas do Distrito Federal, as quais possuem características variadas quanto a urbanização, infraestrutura e ocupação, bem como socioeconômicas e culturais.

A caracterização gravimétrica dos resíduos domiciliares, foi mais detalhada no ano de 2016, pois houve a descrição dos resíduos provenientes da coleta convencional, da coleta seletiva e da coleta seletiva inclusiva, a qual esta possui o serviço executado por organização de catadores.

A responsabilidade da coleta convencional e da coleta seletiva é do Serviço de Limpeza Urbana (SLU), vinculado à prefeitura. O município possui um mapa interativo das áreas delimitadas que abrangem a coleta seletiva de forma parcial (PDGIRS, 2018).

Sobre a educação ambiental, o Distrito Federal, tem instituído dois grupos de trabalho, o quais possuem representação do setor empresarial e industrial, além de instituições de ensino e representantes da sociedade civil, que tem como finalidade promover discussão, a gestão, a coordenação, o acompanhamento e avaliação, implementação das atividades de educação ambiental (Distrito Federal, 2023).

### 3.2.6 Fortaleza

Em Fortaleza há o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, relatório IV, publicado em Novembro de 2012. O serviço de coleta convencional abrange todo o município e os veículos possuem GPS para que as informações de rotas percorridas sejam enviadas em tempo real a uma central de comando. Já a coleta seletiva passa por certos percalços, como a ausência de por exemplo, Fortaleza não possui um Plano de Coleta Seletiva estruturado, bem como uma Política Municipal de Resíduos Sólidos estabelecida, o que tem dificultado a maneira de implementação da coleta seletiva na cidade (PMGIRS, 2018).

Quanto à Educação a Educação Ambiental, existem vários programas, mas poucos são eficazes. Dentre muitos projetos, um dos principais é o “Programa VIDA – Vamos Inovar Doando Amor”, o qual tem como objetivo integrar vários projetos atingindo vários geradores de resíduos. Muitos programas e projetos ambientais são provenientes de iniciativa privada (PMGIRS, 2012). Fortaleza possui 14 cooperativas/associações e acumulou 9,82 toneladas de resíduo plástico em 2020 e 2021 (ANCAT, 2023).

### 3.2.7 Manaus

Para esse município não foi possível obter informações sobre a composição gravimétrica de um plano municipal de gestão de resíduos sólidos, pois o plano disponível versava sobre toda a região metropolitana de Manaus e não apenas sobre o município em si (PRSCS-RMM, 2017). O documento abrange 13 municípios da região e descreve 8 origens de resíduos, incluindo RSU. Por isso, para esse estudo foi utilizada uma dissertação de mestrado (Souza, 2014), como fonte para obtenção de dados de composição gravimétrica. No referido estudo, observou-se a descrição das categorias de resíduos plástico como PET (5,84%), plástico duro – PEAD (4,25%), plástico mole – PEBD (2,99%), PP e PE (6,29%) para compor a composição gravimétrica do município de Manaus, totalizando 19,37%.

Os demais municípios tiveram embasamento através dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, os quais detalham as categorias do resíduo plástico. Porém, o município de Manaus também possui um Plano de Resíduos Sólidos e Coleta Seletiva para a Região Metropolitana de Manaus (PRSCS-RMM, 2017). O documento abrange 13 municípios da região e descreve 8 origens de resíduos e inclusive os resíduos sólidos urbanos. Por isso, foi utilizado um estudo científico para a caracterização do município em relação à geração de resíduos (ver Souza, 2014).

No Plano de Resíduos Sólidos e Coleta Seletiva para a Região Metropolitana de Manaus consta que na Região Metropolitana de Manaus existem aproximadamente 113,2 ha de áreas degradadas por lixões e um aterro licenciado que atende 11 municípios. Do total de 113,2 ha de áreas degradadas, constatou-se que 58,3% (66 ha) correspondem a um aterro licenciado (Manaus) e 41,6% (47,2 ha) correspondem a lixões a céu aberto (Manaus, 2017).

O município possui coleta seletiva, pontos de entrega voluntária, e áreas de transbordo e triagem. Manaus possui 10 cooperativas/associações e o total de plástico acumulado para os anos de 2020 e 2021 foi de 4.379,32t (ANCAT, 2021).

### 3.2.8 Belém

O município de Belém possui um programa de coleta seletiva em parceria com 12 cooperativas e associações de materiais recicláveis, e a coleta abrange 28 bairros. Em 2023, houve a implementação de pontos de entrega voluntária para o recebimento de materiais recicláveis até Dezembro de 2023 foram 80 pontos, sendo 50 em escolas municipais e 30 distribuídos pela cidade (Belém, 2023). Vale ressaltar que Belém receberá investimentos para sediar a COP-30, será a 30ª Conferência da ONU sobre Mudanças Climáticas e ocorrerá em Novembro de 2025 (ONU, 2023).

Em decorrência disso, o município tem debatido possíveis soluções para melhorias de infraestrutura, como é o caso da Assembleia Cidadã em Belém, que convida os cidadãos para o debate sobre resíduos sólidos e enfatiza o projeto Recicla Belém, o qual visa a discussão de políticas públicas para o setor, com a participação de cidadãos e cidadãs comuns (Belém, 2023).

## 3.3 Coleta de dados

Para esse estudo foram utilizados dados secundários provenientes da base de dados pública SINIS - Sistema Nacional de Informação em Saneamento (<<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis>>).

Foram extraídas as informações para os municípios de estudo referente ao período de dados de 2016 a 2020, que era o limite de tempo disponível na data em que foi feita a coleta dos dados (janeiro de 2023).

Os dados numéricos foram extraídos do SNI-S, a partir do campo descrito Como Diagnóstico anual de resíduos sólidos, selecionando-se individualmente cada ano para análise (2016-2020). Assim, foram obtidas planilhas com informações sobre indicadores da geração e manejo de resíduos para cada ano.

A alimentação do sistema citado, baseia-se na responsabilidade e cumprimento dos municípios brasileiros a encaminharem os dados numéricos anualmente, sobre dados referente a gestão dos resíduos sólidos urbanos, ao Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, sendo este responsável pelo o SNIS. Assim, na página

do SNIS são lançados quatro documentos em módulos, e cada módulo possui quatro documentos chamados 'diagnósticos', sendo eles: visão geral; gestão administrativa e financeira, gestão técnica dos serviços e infraestrutura (Figura 1).

Figura 1 - Diagnósticos temáticos – SNIS



Fonte: SNIS, 2023

O cronograma de publicação funciona da seguinte maneira: os dados de 2020 foram lançados em Dezembro de 2021 e ao longo do ano de 2022 foram lançados os diagnósticos temáticos de 2020.

As seguintes informações foram extraídas da planilha do SNIS: 1) Total da Coleta Convencional Domiciliar em toneladas de resíduos sólidos; 2) Total de resíduos da coleta seletiva; 3) Material Recuperado Total; 4) Triagem/Material Recuperado – Plástico; 5) Incidência de plástico sobre o total de plástico recuperado (%) e 6) a taxa da coleta seletiva, ou conhecida também como abrangência da coleta seletiva.

Para estimar a quantidade de resíduo plástico coletado em cada município, foi preciso obter a composição gravimétrica dos resíduos sólidos dos municípios avaliados. Para isso, foram consultados os Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de cada município avaliado (Tabela 2; Apêndice A). No presente estudo, os indicadores de coleta convencional e seletiva demonstram a quantidade de geração de resíduos domiciliares. Assim, a partir da estimativa foi possível calcular os percentuais dos plásticos coletados e recuperados da coleta seletiva dos municípios estudados. Vale lembrar que o estudo considerou apenas os resíduos sólidos domiciliares, excluindo os resíduos públicos, como resíduos de varrição e podas.

Tabela 2 – Parcela do plástico na composição gravimétrica

| <b>Município</b> | <b>Parcela de plástico na composição gravimétrica (%)</b> | <b>Documento</b>                      | <b>Ano</b> |
|------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------|
| Porto Alegre     | 11,2                                                      | PMGIRS*                               | 2013       |
| Curitiba         | 17,8                                                      | PMGIRS                                | 2017       |
| São Paulo        | 13,5                                                      | PGIRS**                               | 2012       |
| Rio de Janeiro   | 18,7                                                      | PMGIRS                                | 2021       |
| Brasília         | 14,4                                                      | PDGIRS***                             | 2018       |
| Fortaleza        | 15,1                                                      | PMGIRS                                | 2012       |
| Belém            | 12,2                                                      | PGIRS                                 | 2020       |
| Manaus           | 19,4                                                      | Dissertação de mestrado (Souza, 2014) | 2014       |

**Fonte:** A autora, 2023.

\*PMGIRS = Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

\*\*PGIRS = Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

\*\*\*PDGIRS = Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

A parcela de plástico na composição gravimétrica foi extraída dos planos municipais de gestão integrada de resíduos, exceto Manaus. Para o município em questão foi encontrado um documento intitulado como “Plano Diretor de Resíduos Sólidos de Manaus”, o qual não detalhava o estudo da composição gravimétrica do município. Portanto, uma das soluções encontrada foi buscar embasamento em outras fontes e estudos que pudessem demonstrar a composição gravimétrica de Manaus.

### 3.4 Determinação dos indicadores da gestão do resíduo plástico domiciliar

Para obter os percentuais da coleta seletiva, material recuperado e plástico recuperado foram realizadas as operações seguindo as equações descritas na Tabela 3. O “total de resíduos de coletados (t)” representa a quantidade de resíduos coletados pela coleta convencional e coleta seletiva. O indicador “Geração de plástico (t)” indica a quantidade de resíduos plástico gerado, com base na parcela de plástico da composição gravimétrica de resíduos de cada município, em relação ao total de resíduos coletado. Já o indicador “Coleta seletiva (%)” demonstra o percentual de resíduo sólidos urbanos coletados pela coleta seletiva. O indicador “Material recuperado (%)” expressa a quantidade total de material reciclável que passou pelo processo de triagem, em relação ao total coletado, enquanto o indicador “Plástico recuperado (%)” indica a quantidade de plástico recuperado em relação a quantidade de plástico gerado (Tabela 3).



Tabela 3 - Indicadores da gestão de resíduos sólidos domésticos avaliados neste estudo

| Indicador                | Operação/equação                                                                                   |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Total coletado (t)       | Quantidade coleta convencional + quantidade coleta seletiva                                        |
| Geração de Plástico (t)  | $\frac{\text{Total coletado} \times \text{parcela do plástico na composição gravimétrica}}{100\%}$ |
| Coleta seletiva (%)      | $\frac{\text{Quantidade proveniente da coleta seletiva} \times 100\%}{\text{Total coletado (t)}}$  |
| Material recuperado (%)  | $\frac{(\text{Material recuperado total} \times 100\%)}{\text{Total coletado (t)}}$                |
| Plástico recuperado* (%) | $\left( \frac{\text{plástico recuperado}}{\text{Geração de plástico (t)}} \right) \times 100\%$    |

**Fonte:** A autora, 2023

\*% do plástico recuperado em relação a geração total de plástico

Assim, a partir das correlações e aplicações das equações acima, parte da premissa que o total de resíduos sólidos urbanos - RSU coletados, tanto pela coleta seletiva quanto pela coleta convencional, corresponde ao total de resíduos gerados pela população.

Para uma melhor análise dos dados e interpretações mais assertivas, também foram retirados do SNIS, da planilha indicadores, percentuais relativos à taxa de cobertura da coleta seletiva porta-a-porta em relação a população urbana, conhecida como a abrangência da coleta seletiva. Também, foram extraídas as informações sobre a incidência de plástico sobre o total de material recuperado, o que representa a quantidade de plástico recuperado em comparação a quantidade total de material recuperado. Vale ressaltar que os dados da abrangência da coleta seletiva e incidência de plástico foram retirados do SNIS e não houve nenhum cálculo para determinação dessas variáveis indicadoras.

### 3.5 Análises dos dados

Os dados obtidos foram tabulados e os valores médios dos indicadores foram estimados para analisar as tendências da recuperação de resíduos plásticos

provenientes dos resíduos sólidos domésticos nos oitos municípios considerados neste estudo ao longo do tempo.

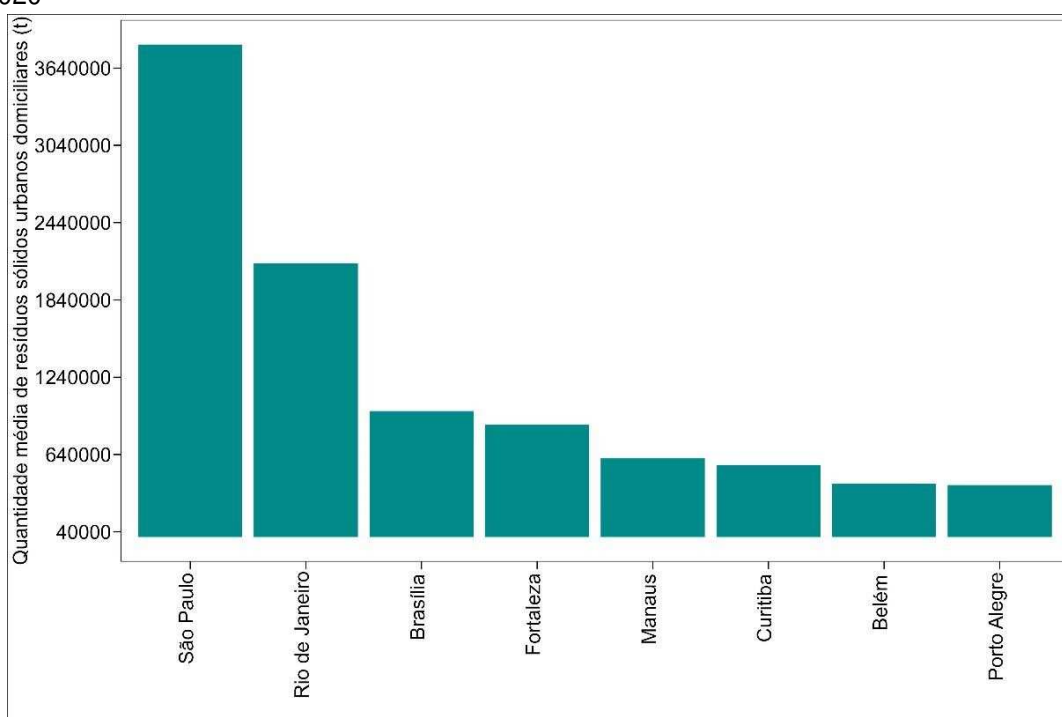
Para analisar a relação entre as variáveis total de RSU coletado, coleta seletiva, plástico recuperado, total de plástico recuperado, percentual do plástico total recuperado, e variáveis socioeconômicas dos municípios como PIB (Produto interno Bruto) e IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), uma análise de correlação de Spearman foi realizada, uma vez que os pressupostos de normalidade e homocedasticidade não foram atendidos. Para a análise e geração dos gráficos de tendências de geração e recuperação do plástico foi utilizado o pacote ggplot2 (WICKHAM, 2016), e para a matriz de correlação foi utilizado o pacote GGally (Schloerke *et al.*, 2024), ambos os pacotes foram utilizados no software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019; RStudio Team, 2020).

## 4.RESULTADOS

### 4.1 Geração e recuperação do resíduo plástico nos municípios

A quantidade média de resíduos sólidos urbanos domiciliares gerados foi superior nos municípios mais populosos avaliados neste estudo (Figura 2). A quantidade de resíduos gerados na maior cidade do país chega a ser 9 vezes maior que em outros grandes municípios como Belém e Porto Alegre.

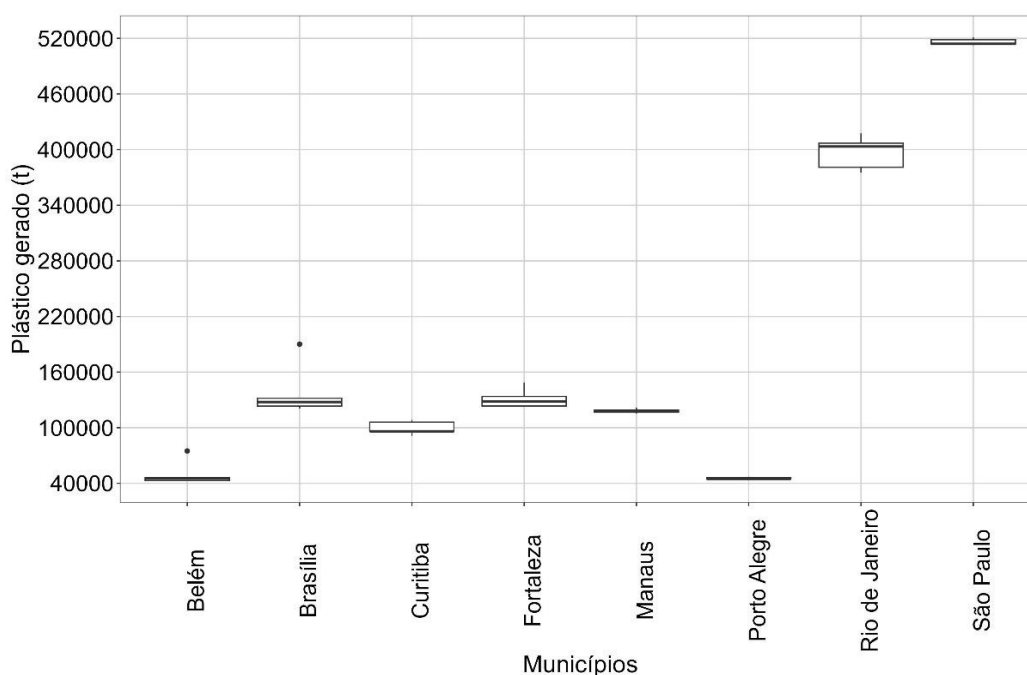
Figura 2 - Quantidade média de resíduos sólidos urbanos domiciliares(t) por município no período de 2016 a 2020



Fonte: A autora, 2023

A quantidade gerada de resíduo plástico acompanhou o padrão de geração total de resíduos, em que os maiores geradores de RSU, São Paulo e Rio de Janeiro, também foram os maiores geradores de resíduos plásticos (Figura 3). São Paulo teve uma média de geração de resíduo plástico de 516.013,0 t/ano ( $\pm 3.497,8t$ , Tabela 4) e Rio de Janeiro de 396.783,7 t/ano ( $\pm 18.066,5t$ ), enquanto que Belém teve média de 50.500,8 t/ano,  $\pm 13.787,9 t$ , e Porto Alegre média de 45.185,9 t/ano  $\pm 1.479,7t$ .

Figura 3 - Geração média (t) do resíduo plástico para os municípios avaliados no período de 2016 a 2020



Fonte: A autora, 2023

Tabela 4 - Variação na geração de plástico (t) para os municípios avaliados no período de 2016 a 2020

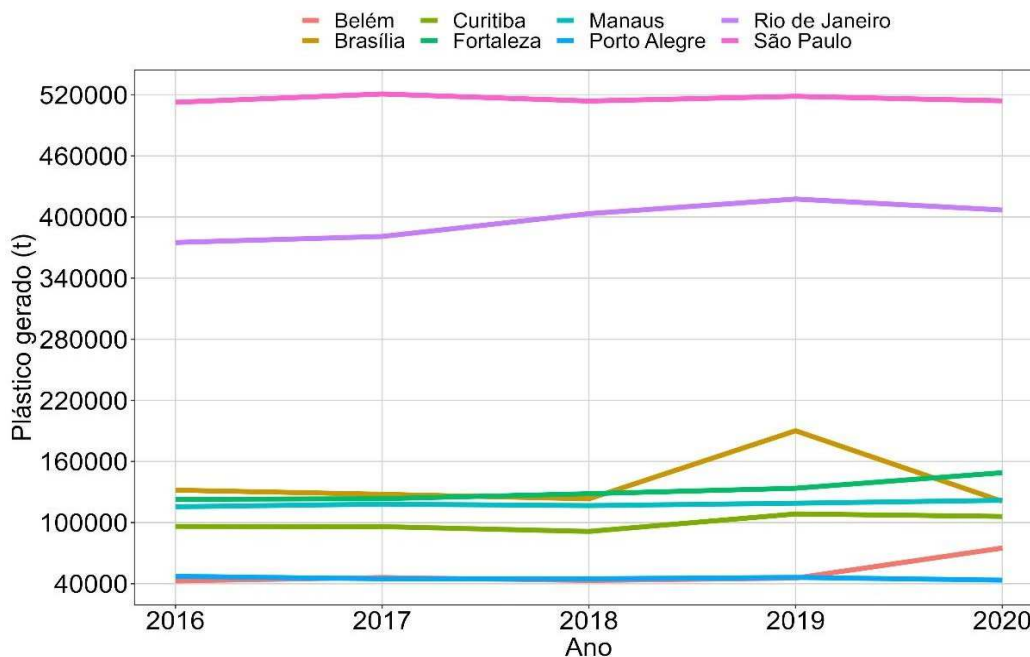
| Município      | Percentual de variação | Média e desvio padrão |
|----------------|------------------------|-----------------------|
| Belém          | 75,57                  | 50.500,8 ± 13.787,9   |
| Brasília       | -8,34                  | 139.062,4 ± 29.086,4  |
| Curitiba       | 0,20                   | 99.546,6 ± 7.299,9    |
| Fortaleza      | 21,25                  | 131.439,6 ± 10.717,6  |
| Manaus         | 5,49                   | 118.400,6 ± 2.432,2   |
| Porto Alegre   | -7,99                  | 45.185,9 ± 1.479,7    |
| Rio de Janeiro | 8,50                   | 396.783,7 ± 18.066,5  |
| São Paulo      | 0,28                   | 516.013,0 ± 3.497,8   |

Fonte: A autora, 2023

A tendência temporal na geração de plástico nos municípios avaliados (Figura 4) indicou que para alguns municípios a geração desse tipo de resíduo permaneceu constante, com exceção do município de Brasília que apresentou um pico de geração de plástico no ano de 2019, aumento de 54% entre 2018 e 2019. Porém, considerando o período total de análise (2016-2020), Brasília apresentou um percentual de redução na geração de resíduo plástico (Tabela 4), fato também observado para Porto Alegre.

Por outro lado, alguns municípios apresentaram um percentual expressivo de aumento na geração de resíduo plástico, como é o caso de Belém e Fortaleza (Tabela 4).

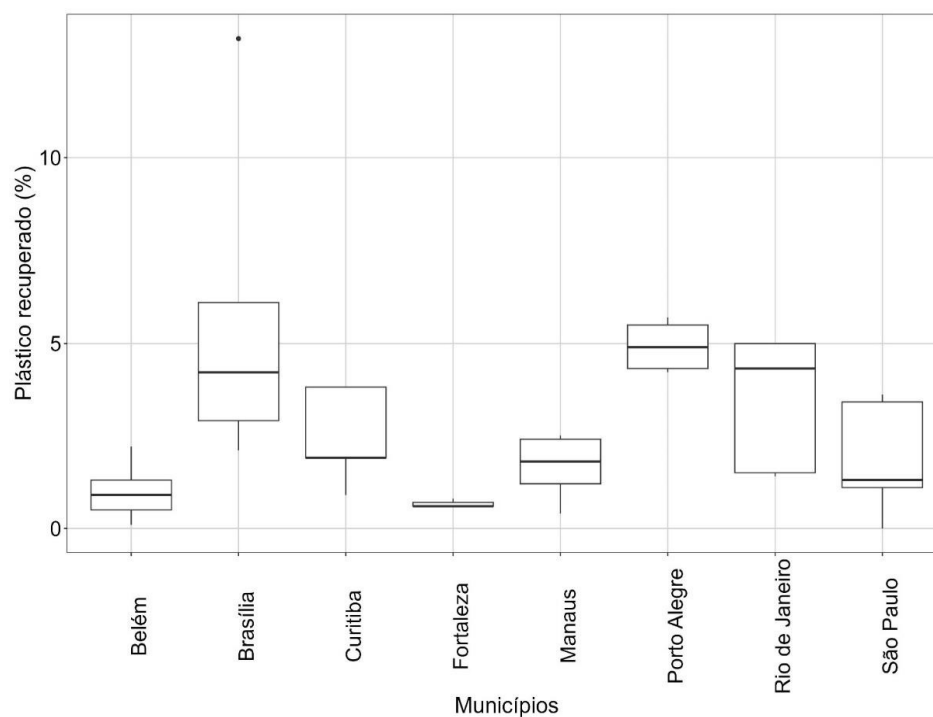
Figura 4 - Quantidade total de plástico gerado (t) nos municípios ao longo dos cinco anos



Fonte: A autora, 2023

Os resultados mostraram que para os oitos municípios avaliados o percentual médio da recuperação do resíduo plástico não ultrapassou 10% (Figura 5). Com destaque para Porto Alegre (4,9%) e Brasília (5,7 %) que apresentaram os maiores percentuais médios, ao passo que Fortaleza (0,7 %) e Belém (1,0%) os menores.

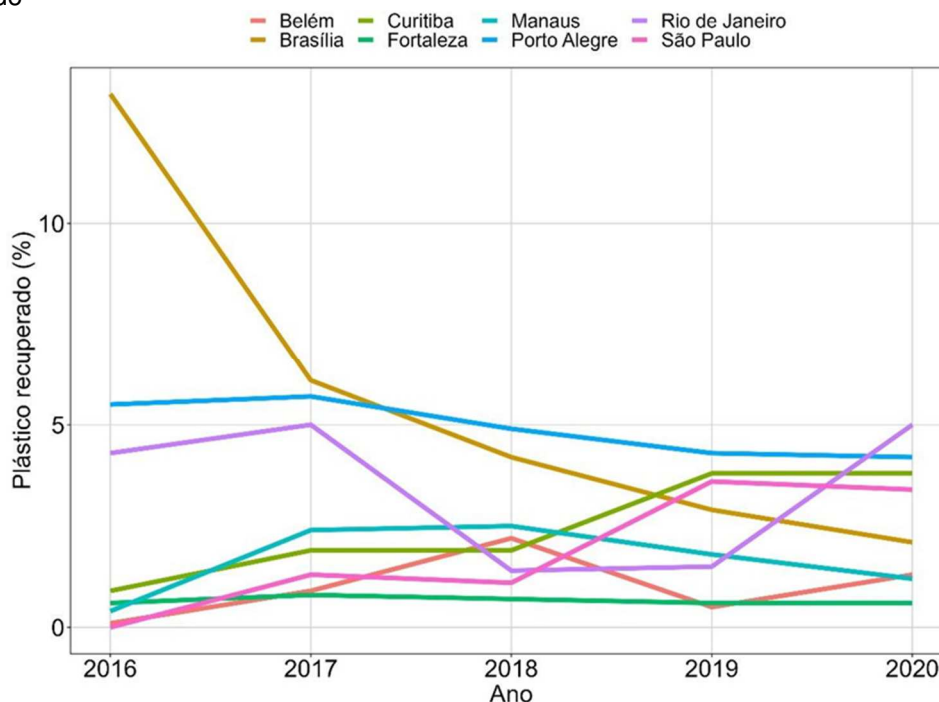
Figura 5 - Percentual do plástico recuperado nos municípios no período de 2016 a 2020



Fonte: A autora, 2023

A tendência do percentual de recuperação do resíduo plástico apresentou oscilações ao longo dos últimos cinco anos para os municípios avaliados. Alguns municípios apresentaram tendência de crescimento, como Curitiba e São Paulo, e outros de redução, como Brasília que teve uma redução de mais da metade da recuperação do resíduo plástico (Figura 6).

Figura 6 - Tendência do percentual do plástico recuperado (%) nos municípios ao longo do período estudado



Fonte: A autora, 2023

Os maiores percentuais de variação positiva foram observados para São Paulo e Belém (Tabela 5), enquanto os municípios como Brasília e Porto Alegre reduziram em cerca de 84% e 24%, respectivamente, a quantidade de plástico recuperado.

Tabela 5 - Variação na recuperação de resíduo plástico (%) para os municípios avaliados no período de 2016 a 2020

| Município      | Percentual de variação | Média e desvio padrão |
|----------------|------------------------|-----------------------|
| Belém          | 922                    | 50.500,8 ± 13.787,9   |
| Brasília       | -84                    | 7.684,9 ± 5.723,16    |
| Curitiba       | 322                    | 2.510,9 ± 1.487,51    |
| Fortaleza      | 0                      | 876,0 ± 78,96         |
| Manaus         | 200                    | 1.960,7 ± 938,05      |
| Porto Alegre   | -24                    | 2.231,0 ± 344,38      |
| Rio de Janeiro | 16                     | 13.602,9 ± 6.973,44   |
| São Paulo      | 11233                  | 9.774,6 ± 7.942,74    |

Fonte: A autora, 2023

A taxa de incidência de plástico representa a parcela de plástico recuperado sobre o total de material recuperado, levando em consideração todos os demais resíduos recicláveis. Neste estudo, evidenciou-se que a taxa de incidência de plástico

sobre o total de plástico recuperado foi constante no período de estudo para os municípios de Porto Alegre, Rio de Janeiro e Fortaleza (Tabela 6). Municípios como Manaus e Belém apresentaram um aumento na parcela de plástico recuperado sobre o total de RSU recuperado, enquanto outros municípios apresentaram redução, como São Paulo e Brasília, por exemplo (Tabela 6).

Tabela 6 - Incidência de plástico sobre o total de material recuperado (%)

| <b>Cidades</b> | <b>2016</b> | <b>2017</b> | <b>2018</b> | <b>2019</b> | <b>2020</b> |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Porto Alegre   | 18,9        | 19,6        | 19,4        | 18,4        | 18,1        |
| Curitiba       | 18,5        | 18,7        | 16,7        | 33,2        | 25,6        |
| São Paulo      | 11,6        | 17,6        | 17,6        | 57,4        | 36,5        |
| Rio de Janeiro | 55,8        | 50,0        | 53,5        | 53,5        | 50,7        |
| Brasília       | 63,2        | 50,0        | 30,0        | 18,0        | 13,3        |
| Fortaleza      | 9,4         | 12,8        | 12,7        | 11,2        | 10,6        |
| Belém          | 5,3         | 20,4        | 25,3        | 27,8        | 20,0        |
| Manaus         | 5,6         | 29,1        | 29,1        | 32,0        | 32,0        |

Fonte: SNIS, 2023

É interessante observar que para o município do Rio de Janeiro, o plástico representa, em geral, a metade da quantidade de materiais recuperados a partir da coleta seletiva, enquanto na maioria dos outros municípios avaliados varia entre 5 e 20%.

#### **4.2 Abrangência e materiais coletados pela coleta seletiva**

A abrangência da coleta seletiva expressa o quanto a população urbana do município está sendo atendida com a coleta seletiva do tipo porta-a-porta, ou seja, aquela que o cidadão não precisa se deslocar para destinar os seus resíduos. Nesse estudo, observou-se que em alguns dos municípios avaliados, como Porto Alegre e Curitiba, a abrangência da coleta seletiva alcançou 100% nos últimos anos (Tabela 7). Porém, em outros municípios como Manaus e Belém, esse percentual ainda é baixo, menos que 20%.

Tabela 7 - Abrangência da coleta seletiva (%)

| <b>Cidades</b> | <b>2016</b> | <b>2017</b> | <b>2018</b> | <b>2019</b> | <b>2020</b> |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Porto Alegre   | 100,0       | 100,0       | 100,0       | 100,0       | 100,0       |
| Curitiba       | 99,2        | 100,0       | 100,0       | 100,0       | 100,0       |
| São Paulo      | 70,0        | 79,5        | 80,0        | 79,5        | 79,0        |
| Rio de Janeiro | 63,3        | 45,8        | 44,6        | 44,4        | 61,8        |
| Brasília       | 38,3        | 42,3        | 52,0        | 56,0        | 55,3        |
| Fortaleza      | 5,6         | NI          | NI          | 13,7        | NI          |
| Belém          | 5,0         | 5,0         | 3,0         | 3,0         | 2,2         |
| Manaus         | 14,8        | 14,48       | 18,6        | 17,4        | 17,2        |

Fonte: SNIS, 2024

\*NI = Não informado

Ao contrário da abrangência da coleta seletiva, o percentual da coleta seletiva, ou seja, a quantidade de resíduo sólido urbano coletado somente pela coleta seletiva, em relação ao total de resíduos, apresentou valores muito baixos (Tabela 8).

Tabela 8 - Percentuais de resíduos sólidos urbanos, em toneladas, coletados pela coleta seletiva (%)

| <b>Município</b> | <b>2016</b> | <b>2017</b> | <b>2018</b> | <b>2019</b> | <b>2020</b> |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Porto Alegre     | 5,1         | 5,01        | 4,37        | 4,6         | 4,1         |
| Curitiba         | 4,7         | 4,03        | 4,10        | 3,3         | 3,8         |
| São Paulo        | 2,3         | 2,28        | 2,02        | 2,1         | 2,5         |
| Rio de Janeiro   | 1,6         | 2,34        | 0,72        | 0,8         | 2           |
| Brasília         | 5,4         | 3,37        | 3,33        | 2,5         | 3,2         |
| Fortaleza        | 1,2         | 0,96        | 0,92        | 0,9         | 0,9         |
| Belém            | 0,4         | 0,75        | 1,21        | 2,7         | 2,4         |
| Manaus           | 1,4         | 1,79        | 1,89        | 2,0         | 1,4         |

Fonte: A autora, 2023

Porto Alegre foi o município que apresentou melhores resultados, em todo o período de análise, o percentual de coleta seletiva foi acima de 4%.

#### **4.3 Relações entre recuperação do plástico, coleta seletiva e aspectos socioeconômicos**

A matriz de correlação (Figura 7) evidenciou uma relação positiva significativa ( $p= 0.7$ ) entre a coleta seletiva e quantidade de plástico recuperado, e ambas essas variáveis apresentaram relação positiva com o IDH ( $p= 0.5$  e  $0.6$ , respectivamente) e com o PIB ( $p= 0.7$ ).

O percentual total de plástico recuperado também parece estar mais relacionado à coleta seletiva e a parcela de plástico recuperado, do que com a quantidade de RSU coletados.

Figura 7 - Matriz de correlação das variáveis indicadoras analisadas nesse estudo



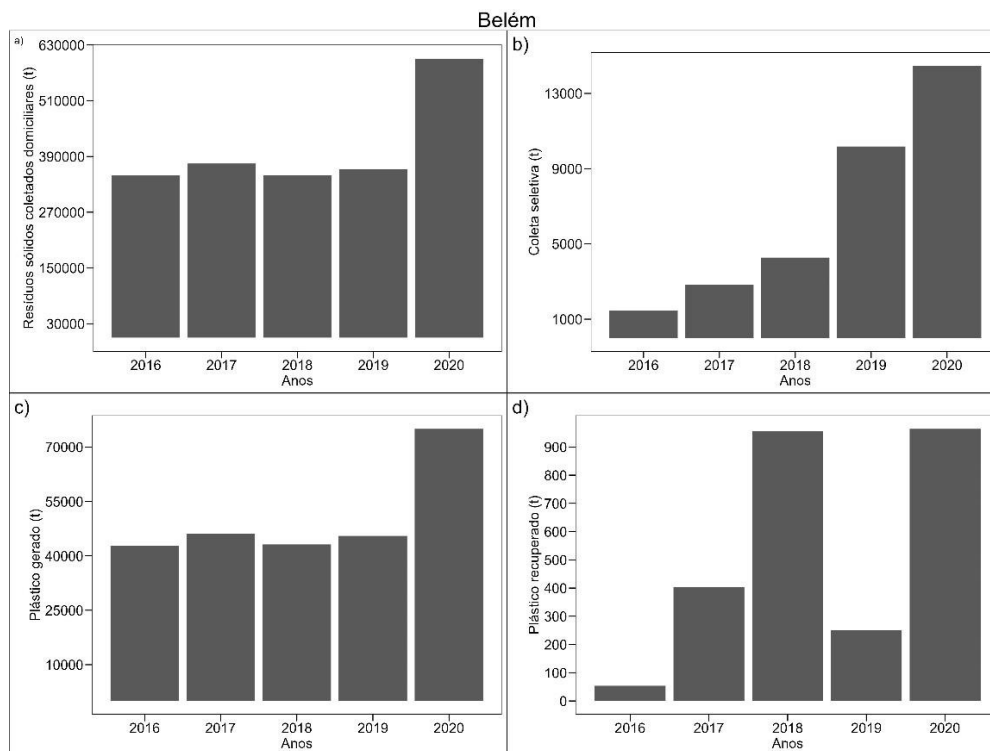
Fonte: A autora, 2023

Os indicadores representam, respectivamente: col\_sel= quantidade de resíduos coletados pela coleta seletiva (t); plast.recup.= parcela de plástico recuperado sobre o total gerado em (%); Total.coletado = quantidade de resíduos coletados da coleta convencional mais a quantidade de resíduos coletados pela coleta seletiva; IDH= Índice de Desenvolvimento Humano; PIB= Produto interno Bruto; Perc.plast.tot.recu= recuperação do resíduo plástico perante ao total de resíduos recuperados.

#### 4.4 Resíduo plástico por município avaliado

A quantidade gerada de resíduos sólidos domiciliares em Belém (Figura 8a) não oscilou, exceto para o ano de 2020, em que quase dobrou a quantidade de resíduos gerados. Em contrapartida, houve uma melhoria no que diz respeito à coleta seletiva (Figura 8b), saindo de um patamar de aproximadamente 1.467,7 (t) em 2016 para 14.460,0 (t) em 2020. Já a recuperação do plástico passou por oscilação ao longo do tempo (Figura 8d), apresentando aumento nos valores de recuperação nos anos de 2018 e 2020.

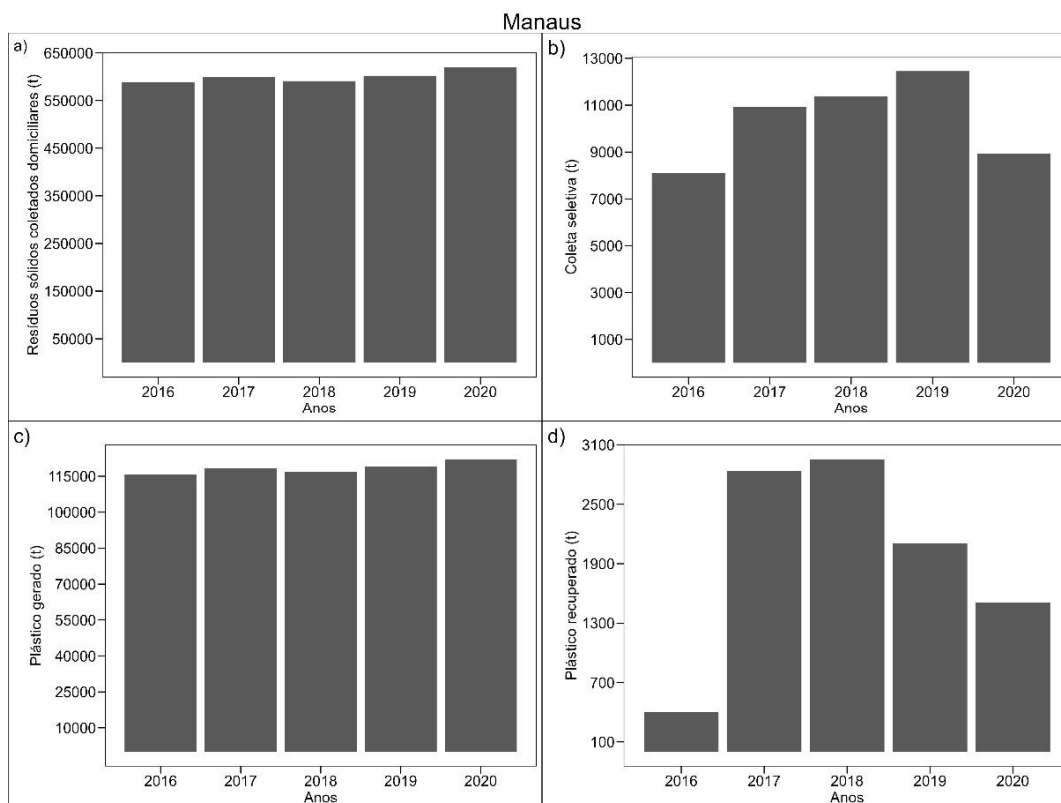
Figura 8 - Quantidade de resíduos sólidos em toneladas do município de Belém em relação à: a) resíduos sólidos urbanos coletados; b) provenientes da coleta seletiva; c) geração de resíduo plástico e d) recuperação de resíduo plástico.



Fonte: A autora, 2023

Em Manaus, a quantidade de resíduos sólidos domiciliares gerados, bem como o resíduo plástico foram maiores comparado a Belém. A média de resíduos domiciliares coletados foi de 599.954,7 (t) ao longo dos 5 anos (Figura 9a). A coleta seletiva não extrapolou 13.000 (t) recolhida em nenhum dos anos (Figura 9b). E houve uma queda em 2020, somente 8.923,0 (t) foram coletados. Já em relação ao percentual de plástico recuperado, os dados mostraram um baixo montante em 2016, mas, com aumento nos anos que se sucederam (Figura 9d).

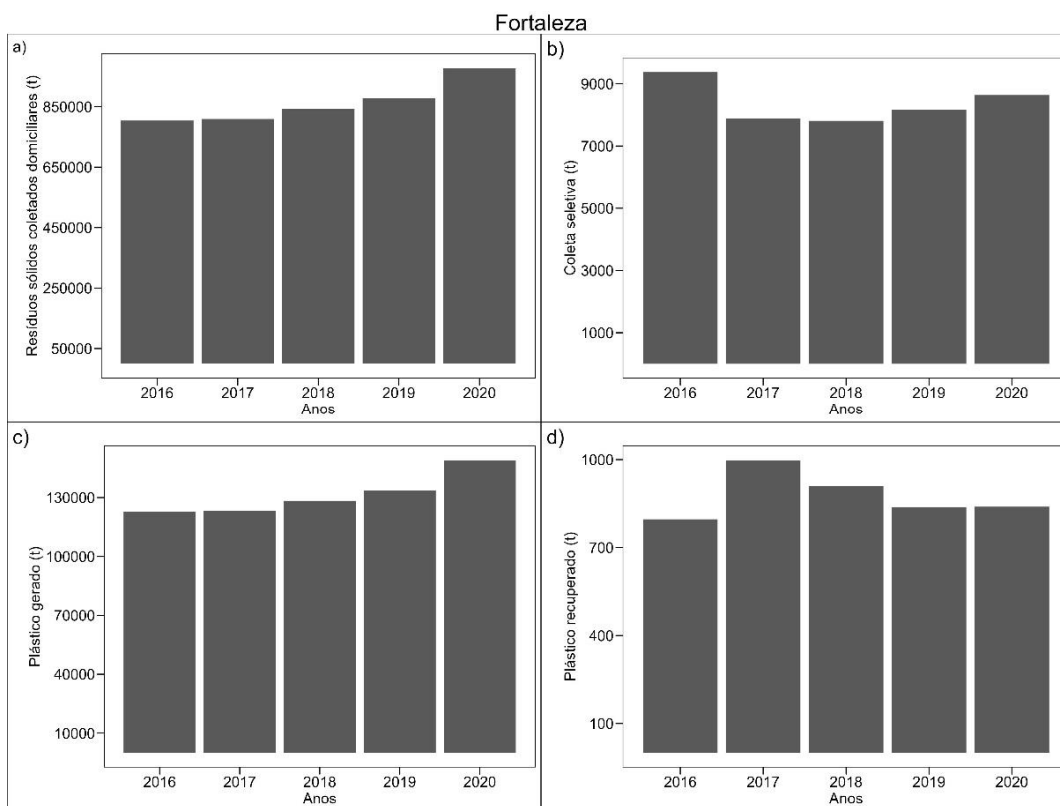
Figura 9 - Quantidade de resíduos sólidos em toneladas do município de Manaus em relação à: a) resíduos sólidos urbanos coletados; b) provenientes da coleta seletiva; c) geração de resíduo plástico e d) recuperação de resíduo plástico.



Fonte: A autora, 2023

O município de Fortaleza apresentou dados expressivos de geração de resíduos domiciliares, não reduziu de 800.000,00 (t) ao longo do tempo analisado (Figura 10a). Quanto à coleta seletiva não houve oscilações expressivas (Figura 10b), porém a quantidade coletada foi irrisória comparado ao montante gerado, não excedendo a 10.000 (t). A quantidade de plástico gerado, nos dois primeiros anos mantiveram-se constante, enquanto nos demais anos houve um aumento na geração (Figura 10c). A quantidade de plástico recuperado no município foi maior no ano de 2017 (Figura 10d). Porém, nos anos que mais se produziu plástico foram os anos que menos se recuperou, referindo-se nos dois últimos anos da análise.

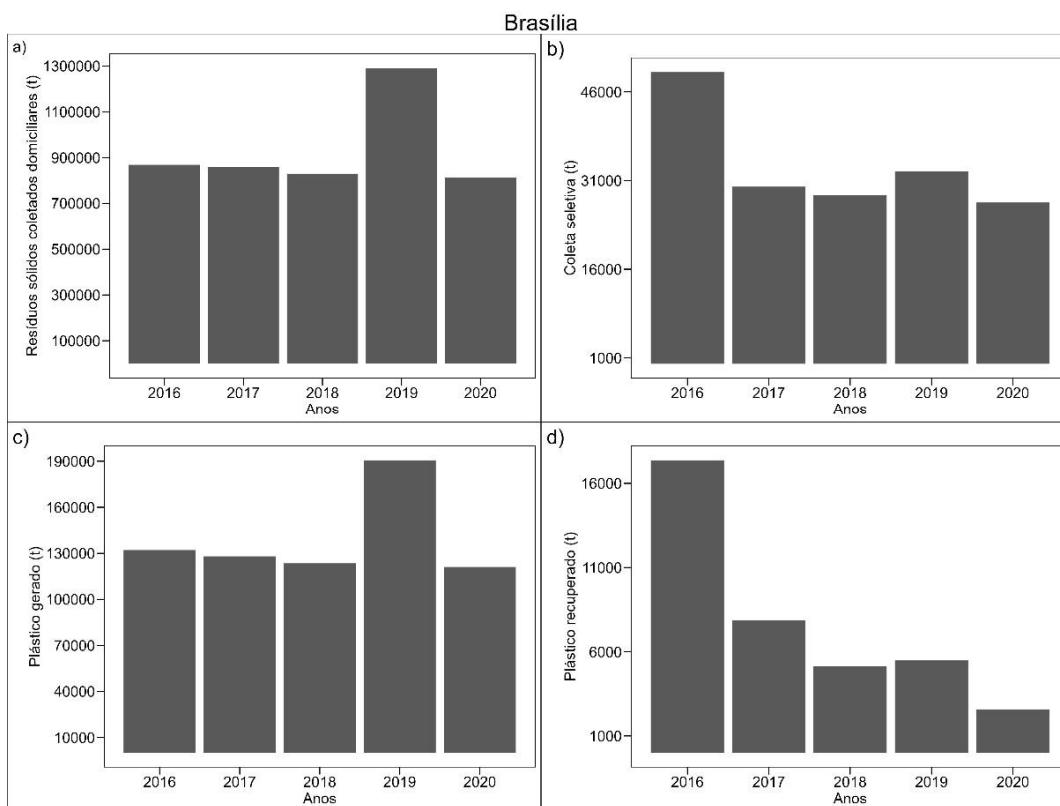
Figura 10 - Quantidade de resíduos sólidos em toneladas do município de Fortaleza em relação à: a) resíduos sólidos urbanos coletados; b) provenientes da coleta seletiva; c) geração de resíduo plástico e d) recuperação de resíduo plástico.



Fonte: A autora, 2023

Em Brasília, a geração dos resíduos sólidos domiciliares teve um salto no ano de 2019 (Figura 11a), bem como a geração do resíduo plástico (Figura 11).

Figura 11 - Quantidade de resíduos sólidos em toneladas do município de Brasília em relação à: a) resíduos sólidos urbanos coletados; b) provenientes da coleta seletiva; c) geração de resíduo plástico e d) recuperação de resíduo plástico.

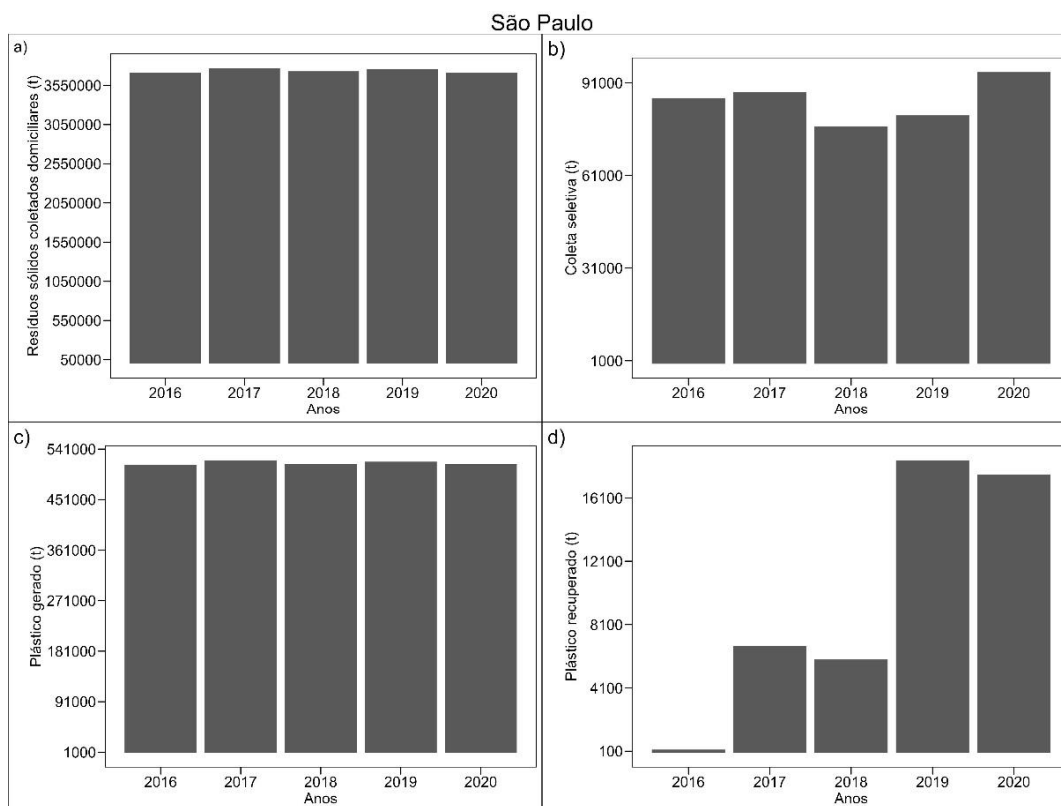


Fonte: A autora, 2023

Já para o indicador coleta seletiva (Figura 11b), o ano que mais se destacou em quantidade recolhida foi em 2016, ultrapassando 49.000(t). Em relação ao plástico recuperado, houve uma queda expressiva ao longo do tempo; no último ano de análise, decaiu seis vezes comparado ao primeiro ano do estudo (Figura 11d).

Para São Paulo (Figura 12) os resultados foram mais elevados no que diz respeito à geração dos RSU e resíduos plásticos durante todo o período de estudo. A geração de resíduos domiciliares excedeu em todos os anos 3.700.000,00 (t) (Figura 12a). Assim como o resíduo plástico (Figura 12c), os resultados de geração mantiveram-se constantes, superiores a 500.000,00 (t). Ao passo que em relação à coleta seletiva, ano com maior volume de recolhimento foi em 2020, com 94.466,00 (t) coletadas (Figura 12b). Em relação ao plástico recuperado no município (Figura 12d), nos dois últimos anos de análise houve uma melhora expressiva no montante recuperado, comparado ao ano de 2016, que foi praticamente nula a recuperação do resíduo plástico.

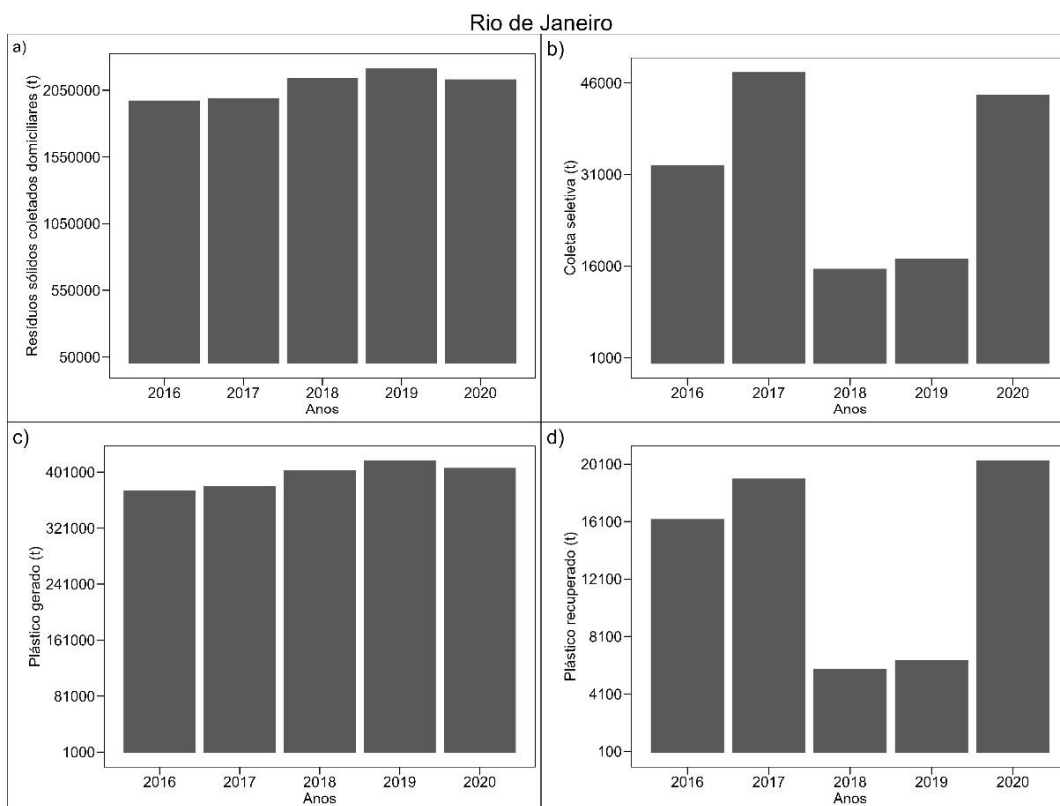
Figura 12 - Quantidade de resíduos sólidos em toneladas do município de São Paulo em relação à: a) resíduos sólidos urbanos coletados; b) provenientes da coleta seletiva; c) geração de resíduo plástico e d) recuperação de resíduo plástico



Fonte: A autora, 2023

O Rio de Janeiro (Figura 13) também teve resultados sobressalentes (Figura 13a). Quanto à geração dos resíduos domiciliares, os valores ultrapassaram 2.000.000,00 (t) em 2018, e a geração do resíduo plástico para o mesmo ano, extrapolou 400.000,00 t (Figura 13c). A coleta seletiva apresentou oscilações em dois anos (Figura 13b). Em 2018, o recolhimento decaiu menos da metade comparado ao ano anterior. No último ano (2020), a recuperação do resíduo plástico aumentou e foi o melhor ano durante o período de análise.

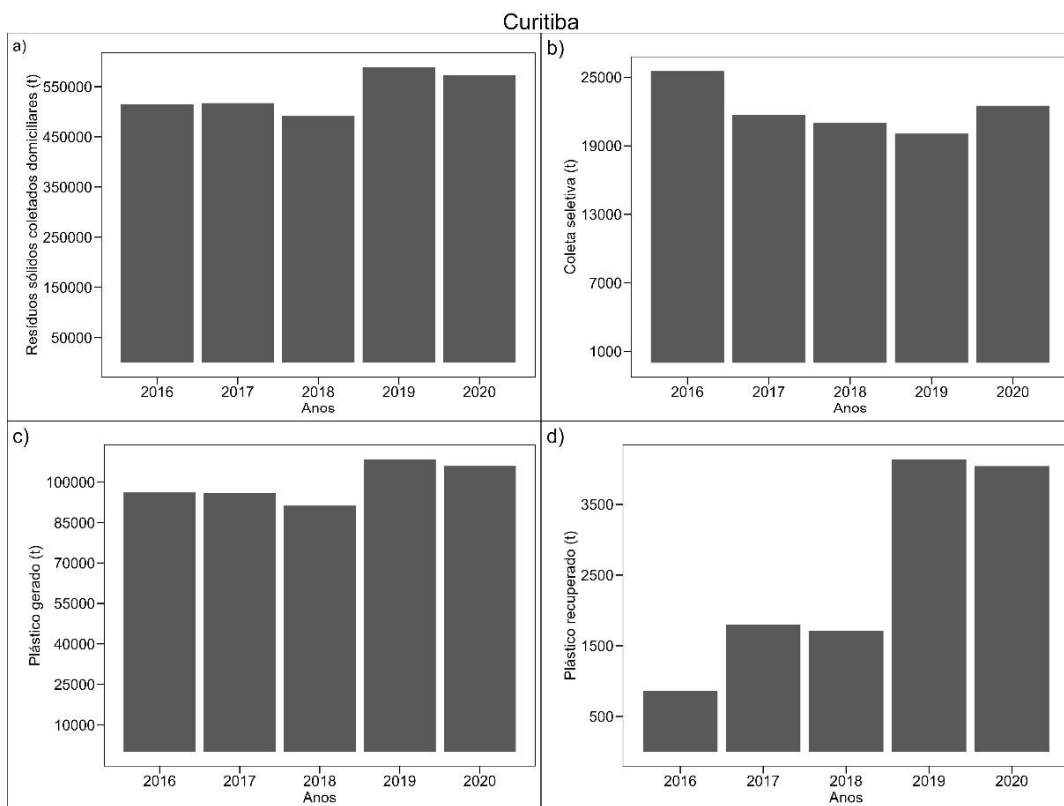
Figura 13 - Quantidade de resíduos sólidos em toneladas do município do Rio de Janeiro em relação à: a) resíduos sólidos urbanos coletados; b) provenientes da coleta seletiva; c) geração de resíduo plástico e d) recuperação de resíduo plástico



Fonte: A autora, 2023

Em Curitiba (Figura 14), nos dois últimos anos do estudo houve um aumento da quantidade de RSU gerado. Em todos os anos excederam 500.000,00 (t) de resíduos domiciliares gerados, exceto para 2018 (Figura 14a). No ano de 2019, a geração do resíduo plástico ultrapassou 100.000,00 (t) geradas (Figura 14c). A coleta seletiva (Figura 14b) não apresentou oscilações, ao contrário do plástico recuperado (Figura 14d). O melhor ano de resultados da coleta seletiva, foi o pior ano de recuperação do plástico. Em contrapartida, em 2020, a recuperação quadruplicou comparado ao primeiro ano de análise.

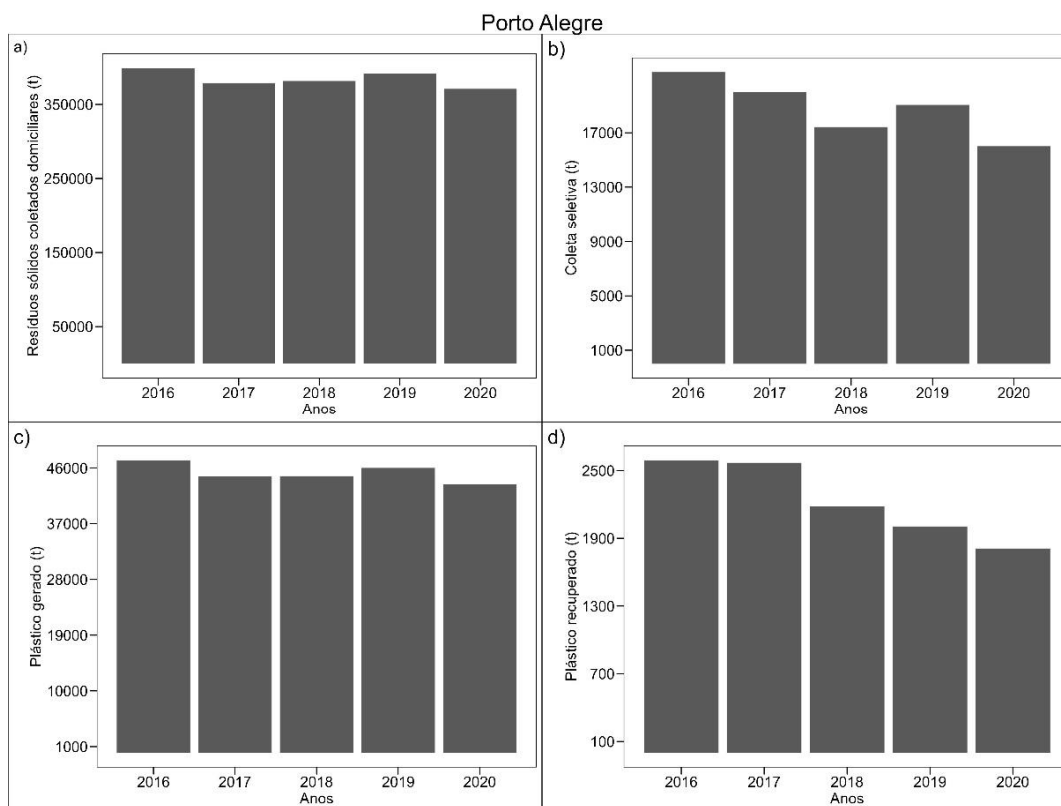
Figura 14 - Quantidade de resíduos sólidos em toneladas do município de Curitiba em relação à: a) resíduos sólidos urbanos coletados, b) provenientes da coleta seletiva, c) geração de resíduo plástico, e d) recuperação de resíduo plástico



Fonte: A autora, 2023

Para a realidade de Porto Alegre, a geração de resíduos domiciliares não excedeu 400.000,00 (t) e não houve muitas oscilações em relação as variáveis avaliadas durante o período do estudo (Figura 15).

Figura 15 - Quantidade de resíduos sólidos em toneladas do município de Porto Alegre em relação à: a) resíduos sólidos urbanos coletados, b) provenientes da coleta seletiva, c) geração de resíduo plástico, e d) recuperação de resíduo plástico



Fonte: A autora, 2023

Assim, como para a geração do resíduo plástico, em que os valores se mantiveram constantes (Figura 15c). O ano em que mais se gerou plástico foi em 2019, com total de 47.223,1 (t). A coleta seletiva oscilou (15b) e a recuperação do resíduo plástico apresentou um declínio (Figura 15d), ao longo do tempo estudado.

## 5. DISCUSSÃO

Mesmo com uma ampla variação em relação à quantidade de RSU e resíduos plásticos gerados nos municípios considerados neste estudo, os resultados mostraram que o percentual médio da recuperação do resíduo plástico é ainda muito baixo, não ultrapassou em média 10%. Além disso, esse estudo também evidenciou que quanto maior a quantidade de resíduos coletados por programas de coleta seletiva, maior tende a ser a recuperação de resíduos plásticos. Esses resultados são importantes, pois evidenciam uma grande lacuna em relação à gestão pública de resíduos plásticos nesses municípios, mas, ao mesmo tempo, apontam para uma possível solução, evidenciando que se houver maior efetividade da coleta seletiva maior será a recuperação do plástico. Embora os resultados sejam relativos a alguns dos grandes municípios, a realidade evidenciada pode ser semelhante não apenas nos demais municípios brasileiros, como também em outras regiões do mundo.

Como é de se esperar, os municípios mais populosos são também os maiores geradores de RSU, como corroborado neste estudo. Dados mostram que mais de 4 bilhões de toneladas de resíduos sólidos são produzidos em todo o mundo a cada ano, sendo RSU quase metade desse montante (Gutberlet, 2015). A quantidade de resíduos gerados é resultado do crescimento populacional e econômico de uma região, além da urbanização e industrialização (Rana *et al.*, 2015), e é influenciada por condições econômicas, padrões de vida, urbanização e população (Liu; Wu, 2010; Chhay *et al.*, 2018; Alzamora *et al.*, 2022), em que o aumento populacional urbano é um dos fatores mais importantes para a geração de RSU (Chhay *et al.*, 2018). As populações urbanas nos países em desenvolvimento estão crescendo rapidamente (ONU-Habitat, 2015), como evidenciado no Brasil, em que nos últimos anos (2010 a 2022) a população urbana aumentou 6,5 % (IBGE, 2023). Essa pode ser uma possível explicação para os resultados obtidos em relação a quantidade de RSU gerada nos municípios avaliados. Esse estudo também evidenciou que os municípios com maior geração de RSU também foram os que apresentaram maior geração de resíduos plásticos domésticos.

A elevada quantidade de resíduos plásticos nos municípios de São Paulo e Rio de Janeiro é provavelmente explicada pela quantidade de habitantes nesses municípios e pelos aspectos socioeconômicos. Um estudo realizado na Índia, por exemplo, evidenciou que quanto melhores as condições sociais, relacionadas ao nível

de instrução, renda familiar e ocupação, maior a geração de resíduo plástico (Kumar *et al.*, 2018). Os fatores socioeconômicos, além das políticas públicas de gestão aplicadas nos municípios, podem ser aspectos relacionados aos resultados obtidos nesse presente trabalho.

A produção de resíduos plásticos aumentou expressivamente nos últimos anos (Geyer *et al.*, 2017), e tende a continuar aumentando no futuro (Chen *et al.*, 2020), assim como corroborado nesse estudo, em que a tendência de geração de resíduo plástico apresentou uma variação positiva no período avaliado para a maioria dos municípios. Em 2020, um contexto marcante mundialmente ocorreu, devido a pandemia da COVID-19, portanto correlacionando o aspecto de saúde coletiva com a geração de resíduos, dos oito municípios estudados, Belém, Manaus e Fortaleza tiveram um aumento da geração de resíduo domiciliares, os demais municípios mantiveram a quantidade gerada. Um estudo realizado em praias turísticas brasileiras, antes e durante a pandemia, observou-se uma redução de 49% de resíduos (Souza Filho *et al.*, 2023). Já em São Paulo durante a primeira fase da pandemia, de março a setembro, houve um aumento da geração de resíduos recicláveis, assim como resíduos oriundos de medicamentos (Vargas *et al.*, 2024). Contextos como da pandemia reforçam a necessidade de implementação de políticas de gestão de resíduos sólidos baseadas em um diagnóstico que caracterize e considere as mudanças de padrões de consumo (Vargas *et al.*, 2024).

O grande problema desse aumento da geração é que a quantidade de plástico recuperada e reciclada é muito baixo. Globalmente, a taxa de recuperação é em torno de 9%, e cerca de 79% são dispostos em aterros sanitários ou no ambiente (Geyer *et al.*, 2017). Como evidenciado nesse estudo, em que o percentual de recuperação do resíduo plástico doméstico nas grandes cidades brasileiras não passa, em média, de 10%. Porto Alegre (4,9%) e Brasília (5,7%) apresentaram os maiores percentuais médios, ao passo que Fortaleza (0,7%) e Belém (1,0%) os menores. A recuperação é uma etapa anterior à reciclagem, e representa a quantidade de resíduos domiciliares separados e triados, principalmente em associações e cooperativas de catadores de materiais recicláveis nos municípios estudados. Esses resultados evidenciam a realidade de alguns municípios, mas que pode ser a realidade das demais cidades do país. Considerando a uma economia circular, é essencial que os resíduos devem entrar novamente nos fluxos de produção para serem reciclados ou reaproveitados.

Embora os valores em relação ao percentual de plástico recuperado sejam baixos, alguns municípios, como Belém, São Paulo, Manaus e Curitiba, apresentaram elevadas taxas de aumento da recuperação, no período analisado (Tabela 5). Indicando um possível cenário mais otimista. É claro que não se pode esquecer que os dados usados nesse estudo foram obtidos do SNIS, e não incluem os valores em relação a coleta e recuperação informal de RSU.

Por exemplo, dados do Plano de Incentivo à Cadeia do Plástico – PICPLAST (2022) indicam que a reciclagem de plástico alcançou a marca de 25,6%, maior resultado apresentado desde 2018, ano que o levantamento começou a ser feito, sendo que em 2016, o resultado apresentado foi de 10%. Esse mesmo estudo demonstrou que do total de resíduo plástico recebido, 29% chegaram por intermédio de sucateiros; 19% por meio de beneficiadores; 13% via empresas gestão de resíduos e 11% a partir de cooperativas e associações de materiais recicláveis (PICPLAST, 2023).

Em relação aos resíduos recuperados, em alguns municípios, como Rio de Janeiro e Brasília, o plástico chegou a representar metade do material que vai para a reciclagem (Tabela 6). Porém, para outros municípios não passa de 20%. A cadeia de reciclagem de plástico no Brasil parece ser promissora, mas, a indústria plástica recicladora opera com uma capacidade ociosa. Uma das principais dificuldades para a indústria recicladora é obter quantidades desejáveis de materiais, fato diretamente relacionado à falta de programas de coleta seletiva bem estruturados (Rutkowski; Rutkowski, 2017). Esse estudo também evidenciou a importante relação entre a coleta seletiva e a recuperação de resíduos plásticos (Figura 7). Sena *et al.* (2023) destacam que quanto maior a cobertura de coleta seletiva nos bairros, maiores serão os índices de reciclagem, estreitando o elo da cadeia de serviços e de valor. Porém, os índices de abrangência da coleta seletiva diferiram entre os municípios estudados. Porto Alegre e Curitiba alcançaram a taxa de 100% de cobertura. Já Belém, a taxa de cobertura não extrapolou 5% durante o período de análise. Em um estudo conduzido por Ranieri *et al.* (2021) sobre a gestão de RSU em Belém, foi evidenciado que cerca de 38,88% apenas é coletado pela coleta convencional e a coleta seletiva representa apenas 0,3% do montante de resíduos coletados. Valores muito preocupantes diante do cenário da crise ambiental atual em relação a poluição dos ecossistemas terrestres e aquáticos e da ocorrência de doenças em regiões tropicais como a dengue (Pacheco *et al.*, 2012).

Em relação aos percentuais de resíduos coletados pela coleta seletiva, os municípios não extrapolaram 6% em todo o período de análise (Tabela 8). Porto Alegre apresentou, mesmo que sutilmente, melhores percentuais, todos os anos foram acima de 4%. Por exemplo, no ano de 2020, o total de resíduos coletados pela coleta convencional foi de 370.911,7 toneladas/ano e pela coleta seletiva o total foi de 16.012,2 toneladas/ano. Porém no Brasil, basicamente, o enfoque dado é sobre a coleta convencional e a disposição final em aterros sanitários, em detrimento das demais opções de gerenciamento. Como apresentado no presente estudo foi demonstrado baixas taxas de recuperação do resíduo plástico perante a geração. Evidenciando que o plástico gerado, muitas vezes, está sendo coletado pela coleta convencional ao invés da coleta seletiva. Pincelli *et al.* (2021) evidenciaram que no Brasil a gestão de resíduos plásticos pós – consumo, 63% do volume gerado não foi monitorado, já os resíduos sólidos urbanos gerados e monitorados foram dispostos em aterro sanitário.

O ODS 12 – Produção e Consumo Sustentáveis engloba metas relacionadas aos resíduos sólidos domiciliares coletados *per capita*; recuperação de resíduos sólidos urbanos coletados seletivamente e população atendida com coleta seletiva. Todos os municípios incluídos neste estudo tiveram pontuação muito baixa, na escala de 0 a 39,99, no que diz respeito à recuperação dos resíduos sólidos e a referência da escala é de 0 a 100, conforme o índice de desenvolvimento sustentável das cidades (IDSC – BRASIL, 2024). Para Manaus e Belém, além da recuperação muito baixa, a coleta seletiva também teve o mesmo enquadramento.

Também é importante destacar a relação entre o PIB dos municípios com aspectos da gestão de RSU, como coleta seletiva e a recuperação de resíduo plástico. Muitos municípios no Brasil enfrentam problemas financeiros e de má governança que dificultam a implementação e manutenção de programas de coleta seletiva (Pinto *et al.*, 2023). Yattoo *et al.* (2024) demonstram que em países mais desenvolvidos, com rendimentos mais elevados, cerca de 2% dos resíduos gerados são depositados em aterros sanitários, ao contrário de países menos desenvolvidos, que 93% dos resíduos gerados são queimados ou dispostos em aterros sanitários. Em geral na América latina, os municípios enfrentam problemáticas sociais, econômicas e políticas, pois governantes destinam os recursos para outros interesses, não pautados em aspectos ambientais e trabalham de forma isolada (Espinosa-Aquino *et al.*, 2023).

Esses fatores podem influenciar na eficiência dos programas de coleta seletiva. Mendez *et al.* (2022) sugerem que a ineficiência da coleta seletiva de RSU está ligada a má governança, corrupção dos sistemas públicos, e obstáculos relacionados à acordos ilegais de empresas de limpeza pública com empresas. Além disso, a existência e atuação de intermediários que realizam a coleta e a venda dos materiais recicláveis limitam a atuação de programas estabelecidos de coleta seletiva (Mendez *et al.*, 2022). A coleta seletiva é um dos principais instrumentos da gestão integrada de resíduos sólidos no Brasil. Mas, para isso, precisa ser implementada pelos municípios, pois como evidenciado nesse estudo, possui papel fundamental para recuperação de materiais recicláveis, como o plástico. Quanto maior a recuperação dos materiais recicláveis, menor a quantidade desses resíduos que são dispostos em aterros ou inadequadamente no ambiente (Besen *et al.*, 2023).

No contexto global as problemáticas sobre a gestão do resíduo plástico não diferem muito comparado ao Brasil. A China, por exemplo, é a maior produtora de materiais plásticos, porém, consome basicamente um quarto em comparação a América do Norte e a Europa (Kibria *et al.*, 2023). No ano de 2015, os Estados Unidos, reciclaram apenas 9% de resíduo plástico (Kibria *et al.*, 2023). Em 2021, 90,2% da produção mundial de plásticos era de origem fóssil e 8,3% provenientes de plásticos reciclados pós – consumo (Plastics Europe, 2022). Nas cidades da África Oriental, os resíduos de plástico são o terceiro maior componente dos resíduos gerados, depois dos resíduos orgânicos e do papel, uma parte dos resíduos plásticos gerados são depositados em locais públicos ou em locais indevidos, consequentemente bloqueando os sistemas de drenagem e de esgoto (Oyake-Ombis *et al.*, 2015). A realidade da Alemanha, destoa quando comparado aos demais países, pois o país possui um sistema específico para o recolhimento de embalagens, e apenas em 2021 foram 5,44 milhões de toneladas de resíduos de embalagem de pós – consumo, o que corresponde a uma taxa de valorização de 99,4% (Schmidt *et al.*, 2024).

Quando não há uma gestão correta dos resíduos domiciliares e principalmente do resíduo plástico, problemas ambientais e de saúde pública podem surgir. Além de problemas pontuais, muitos se propagam e tomam dimensões maiores e chegam nos oceanos, ocasionando demais impactos ambientais negativos e acumulativos. Ma *et al.* (2024) uma parcela dos plásticos acaba por ser emitida como resíduo para os rios e, posteriormente, para os oceanos através dos efeitos das chuvas ou do vento, constituindo uma ameaça para o ecossistema marinho. Nikiema e Asiedu (2022)

demonstram que apesar da poluição do plástico ser complexa e multidimensional, a gestão pública para ser efetiva requer uma série de abordagens, incluindo a redução do plástico na fonte, citam também a criação de políticas públicas para combater o mercado paralelo e informal da reciclagem. Além de promulgação de proibições e aplicação de taxas para reduzir a utilização de plástico.

Para minimizar esses impactos é essencial a adoção da gestão integrada de resíduos sólidos, que inclui a implementação de programas de coleta seletiva e o fortalecimento de parcerias entre os agentes envolvidos no processo (BRASIL, 2010, Yattoo, *et al.*, 2024). Por exemplo, a recuperação de materiais está estritamente relacionada ao processo de coleta e triagem por parte dos trabalhadores em associações ou cooperativas de materiais recicláveis. Porém, muitos municípios as unidades de triagem são as próprias associações e ou cooperativas de catadores de materiais recicláveis, as quais ainda são desassistidas em diferentes sentidos, como salário, infraestrutura física, e uso de equipamentos de proteção individual (ANCAT, 2023). Idealmente, somente material reciclável, também conhecido como a fração seca, deveria constituir os materiais recebidos para triagem, porém, sabe-se que devido a incorreta segregação dos materiais na fonte, rejeitos estão presentes no material coletado pela coleta seletiva, em determinadas situações as taxas de rejeitos chegam a 50% ou mais em associações, dificultando a comercialização de resíduos (Cseh *et al.*, 2016). Além disso, muitas associações e cooperativas não possuem vínculo ou convênio com o poder público, no panorama dos municípios brasileiros, cerca de apenas 48% das organizações possuem contratos ou convênios com o poder público municipal para realização da coleta seletiva e 28,8% não possuem qualquer vínculo com as prefeituras (CEMPRE, 2023).

Outro aspecto importante, é a realização de parcerias com os chamados como grandes geradores, especialmente a indústria (Sena *et al.*, 2023). Nesse sentido, uma alternativa interessante seria a adoção dos créditos de reciclagem para firmar o elo de grandes geradores de resíduos às associações. O intuito de estabelecer créditos de reciclagem é, basicamente, delegar às empresas geradoras de resíduos a comprovação de metas de reciclagem, ou seja, todo material disponibilizado no mercado precisa ter um destino ambientalmente correto, como por exemplo, a reciclagem (Brasil, 2023).

Assim, com a implementação de créditos de reciclagem, oportuniza às empresas aplicar o princípio da responsabilidade compartilhada. Já as cooperativas

ou outras formas de associação de catadores de materiais recicláveis configuram os operadores do sistema de créditos de reciclagem e têm como incumbência efetuar a restituição de produtos ou de embalagens recicláveis ao setor empresarial (Brasil, 2023). A cada tonelada de material triado e comercializado às recicladoras, gera-se um crédito, este pode ser comprado por uma empresa, da qual produz e fornece embalagem ao mercado. Xevgenos *et al.* (2015) destacam o crédito de reciclagem como instrumento político destinado a internalizar os custos ambientais dos produtos, garantindo uma menor pegada ambiental, através de regimes de taxas de produção que refletem a responsabilidade da indústria e das empresas comerciais de financiar a reciclagem de materiais que são introduzidos nos mercados.

Embora esse estudo tenha evidenciado resultados importantes sobre a gestão de resíduo plástico doméstico em grandes cidades do Brasil, é importante mencionar que foram usados dados da bases de dados SINIS, e isso pode ser um fator que pode ter influenciado nos resultados aqui obtidos, pois as informações disponíveis do SINIS são oriundas de cada município, as informações sobre o manejo de resíduos sólidos são preenchidas anualmente e são provenientes de prestadores de serviços ou órgãos municipais encarregados da gestão dos serviços (SNIS, 2024). Sabe-se de possíveis limitações quanto ao preenchimento do sistema, pois é algo que depende de uma série de fatores como o comprometimento dos municípios, pessoas capacitadas, monitoramento da melhoria dos dados, muitas vezes ocorre a não representação da realidade em sua totalidade.

## 6. CONCLUSÕES

Percebe-se diversas dificuldades quanto a implementação eficaz da gestão dos resíduos, muitas lacunas que precisam de soluções, as quais envolvem muitos elementos, como a participação dos cidadãos, elaboração de políticas públicas, responsabilidade e fiscalização à grandes geradores de resíduos. Não obstante, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, tramitou no Congresso Nacional por aproximadamente 19 anos até ser sancionada em 2010, a discussão sobre a lei foi morosa, bem como a implementação dos seus instrumentos, como o caso da coleta seletiva. Além da implementação do instrumento e da obrigatoriedade ainda se nota baixos percentuais de abrangência da coleta seletiva, e baixa taxa de recuperação de materiais recicláveis, como o plástico.

Evidenciou-se que em geral, a taxa de recuperação do resíduo plástico doméstico é muito baixa, mesmo o resíduo plástico tendo, em determinadas situações uma incidência de plástico de 50% dentre os resíduos recuperados, contudo a quantidade total de resíduos recuperados é mínima quando comparada a quantidade total de resíduos sólidos urbanos gerados. Os municípios apresentaram índices similares no quesito recuperação de resíduos, porém diferiram no aspecto de abrangência da coleta seletiva, determinados municípios apresentaram 100% de abrangência da coleta seletiva, como é o caso de Curitiba e Porto Alegre, já Belém não passou de 5% em todo o período analisado. Esse estudo analisou apenas alguns municípios brasileiros, mas, a realidade aqui evidenciada pode ser o reflexo do restante do país.

Quando avaliações da gestão dos resíduos sólidos urbanos são realizadas e observadas, como o caso do presente estudo, constata-se lacunas e falhas no sistema integrado de gestão, os municípios ainda falham no cumprimento de certos instrumentos determinados por lei. Existem possíveis soluções para a melhoria da gestão de resíduos, como o caso da implementação de créditos de reciclagem, incentivo à logística reversa e consequentemente uma cadeia de reciclagem mais eficiente, ainda assim, a aplicação das premissas iniciais da gestão, que é o caso da responsabilidade compartilhada perante os resíduos, coleta seletiva e iniciativas de educação ambiental ainda são mínimas.

Esse estudo mostrou que existe uma relação positiva entre a coleta seletiva e o índice de recuperação de resíduo plástico. Portanto, quando a coleta seletiva é bem

implementada e eficiente, os índices de recuperação melhoram, assim, o que é recuperado a partir da coleta seletiva ocorre em associações ou cooperativas de catadores de materiais recicláveis. Com isso possibilitará maiores taxas de comercialização de materiais recicláveis às recicladoras, pois baixo percentual de plástico reciclado no Brasil é proveniente de associações. Com isso, nesse contexto evidenciado, como o caso de associações, precisam cada vez mais de ações efetivas em prol de aspectos de gestão de resíduos, como também aspectos sociais.

Como sugestão de trabalho futuros, uma análise considerando uma escala de tempo maior, pode possibilitar um panorama mais robusto que pode melhorar ainda mais o entendimento da gestão de resíduo plástico domiciliar no Brasil.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS E MEIO AMBIENTE – ABREMA. Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/panorama/>. Acesso em: 20 de Agosto de 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 13230: Embalagens e acondicionamento plásticos recicláveis - Identificação e simbologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/>. Acesso em: 18 de Novembro de 2022.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE CATADORES – ANCAT, 2023. Disponível em: <https://ancat.org.br/>. Acesso: 7 de Setembro de 2023.

AL-SALEM, S. M.; LETTIERI, Paola; BAEYENS, Jan. Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. **Waste management**, v. 29, n. 10, p. 2625-2643, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.06.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X09002190>. Acesso em: 06 de Junho de 2023.

ALBERGHINI, Leonardo *et al.* Microplastics in fish and fishery products and risks for human health: A review. **International journal of environmental research and public health**, v. 20, n. 1, p. 789, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph20010789>. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph20010789>. Acesso em: 27 de Maio de 2023

ALFONSO, María Belén *et al.* First evidence of microplastics in nine lakes across Patagonia (South America). **Science of the Total Environment**, v. 733, p. 139385, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139385>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720329028>. Acesso em: 06 junho 2023.

ALZAMORA, Bruno Ribas *et al.* Forecasting and the influence of socioeconomic factors on municipal solid waste generation: A literature review. **Environmental Development**, v. 44, p. 100734, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2022.100734>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2211464522000367?via%3Dihub>. Acesso em: 8 de Maio de 2024.

ANJOS, Ana Luiza *et al.* Análise da evolução dos índices operacionais do esgotamento sanitário das 20 maiores cidades do estado da Bahia. **Enciclopédia Biosfera**, v. 19, n. 40, 2022. DOI: DOI: 10.18677/EnciBio\_2022B3. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/5459>. Acesso em: 1 Mai. 2024.

BLACKBURN, Kirsty; GREEN, Dannielle. The potential effects of microplastics on human health: What is known and what is unknown. **Springer Link**. 51, p 518–530, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01589-9>.

Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13280-021-01589-9>. Acesso em: 27 maio 2023.

BAJT, Oliver. From plastics to microplastics and organisms. **FEBS Open bio**, v. 11, n. 4, p. 954-966, 2021. DOI: 10.1002/2211-5463.13120. Disponível em:

<https://febs-onlinelibrary-wiley.ez48.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1002/2211-5463.13120>. Acesso em: 27 maio 2023.

BESSEN, Gina Rizpah *et al.* Avaliação da coleta seletiva por meio de indicadores de sustentabilidade em cidades brasileiras. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 62, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v62i0.80790>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/80790>. Acesso em: 02 Mai. 2024.

BÉLEM (Município). Prefeitura de Bélem, Pará. Belém, 2023. Disponível em: <https://prefeitura.belem.pa.gov.br/>.

BRASIL. [Decreto Federal (2023)] nº 11.413 de 13 de fevereiro de 2023. **Institui o Certificado de Crédito de Reciclagem de Logística Reversa, o Certificado de Estruturação e Reciclagem de Embalagens em Geral e o Certificado de Crédito de Massa Futura, no âmbito dos sistemas de logística reversa de que trata o art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Brasília, DF: Presidência da República, [2023]. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2023-2026/2023/Decreto/D11413.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2023/Decreto/D11413.htm). Acesso em: 18 Out. 2023.

BRASIL. [Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010]. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília, DF: Presidência da República, [2010]. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 18 Out. 2022.

BRASIL. [Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981]. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente**. Brasília, DF: Presidência da República, [1981]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm). Acesso em: 18 Out. 2022.

BRASIL. [Lei nº 9.795, de 27 de Abril de 1999]. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental**. Brasília, DF: Presidência da República [1999]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm). Acesso em: 20 Nov. 2022.

BRASIL. [Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020]. **Dispõe sobre o marco legal do saneamento básico. Brasil: Congresso Nacional**. Brasília, DF: Presidência da República [2020]. Disponível: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm#art6](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm#art6). Acesso: 18 Nov. 2022.

BRASIL. [Projeto de Lei nº 2524, 2022]. **Estabelece regras relativas à economia circular do plástico**. Senado Federal [2022]. Disponível:

<https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/154790>

BRASÍLIA (Município). Prefeitura de Brasília, Goiás. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.df.gov.br/>

BONFANTI, Patrizia *et al.* Microplastics from miscellaneous plastic wastes: Physico-chemical characterization and impact on fish and amphibian development.

**Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 225, p. 112775, 2021.

DOI:10.1016/j.ecoenv.2021.112775.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651321008873> Acesso em: 11 de maio de 2023.

BONJARDIM, Estela Cristina; DA SILVA PEREIRA, Raquel; DOS SANTOS, Isabel Cristina. GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL PARADOXOS E SOLUÇÕES. **Journal on Innovation and Sustainability RISUS**, v. 11, n. 4, p. 36-52, 2020. DOI: <https://doi.org/10.23925/2179-3565.2020v11i4p36-52>.

Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/risus/article/view/47777>. Acesso em: 27 de Novembro de 2022.

CERQUEIRA-STREIT, Jorge Alfredo *et al.* From Trash to Profit: How Packaging Waste Management Has Driven the Circular Economy—An Integrative Literature Review. **Logistics**, v. 7, n. 3, p. 66, 2023. DOI: 10.3390/logistics7030066. Disponível em: <https://www.mdpi.com/journal/logistics>. Acesso em: 15 de Maio de 2024.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – CEMPRE. Ciclossoft.

Panorama da coleta seletiva no Brasil, 2023. Disponível em: <https://cempre.org.br/>. Acesso em: 18 de Out de 2023.

CONKE, Leonardo Silveira; NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. A coleta seletiva nas pesquisas brasileiras: uma avaliação metodológica. **URBE. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 10, p. 199-212, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.010.001.AO14>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/urbe/a/C5NJZ9MSPRg8tBwz8yd4KXJ/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 14 de Maio de 2022.

CHHAY, Leaksmy *et al.* Municipal solid waste generation in China: influencing factor analysis and multi-model forecasting. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 20, p. 1761-1770, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0743-4>. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10163-018-0743-4#citeas>. Acesso em: 02 de Maio de 2024.

CHEN, Hui Ling *et al.* The plastic waste problem in Malaysia: management, recycling and disposal of local and global plastic waste. **SN Applied Sciences**, v. 3, p. 1-15, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04234-y>. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-021-04234-y>. Acesso em: 25 mar. 2024.

CHEN, David Meng-Chuen et al. The world's growing municipal solid waste: trends and impacts. **Environmental Research Letters**, v. 15, n. 7, p. 074021, 2020. DOI: 10.1088/1748-9326/ab8659. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab8659>. Acesso em: 01 Mai. de 2024.

CORREA, Carlos Alberto *et al.* Challenges to reducing post-consumer plastic rejects from the MSW selective collection at two MRFs in São Paulo city, Brazil. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 24, n. 3, p. 1140-1155, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10163-022-01387-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10163-022-01387-9>. Acesso em: 16 de Outubro de 2022.

CSEH, Amanda *et al.* A Coleta Seletiva no Município de São Paulo. In: **Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos: Experiências Internacionais e Nacionais**. Blucher Open Access, 2022. p. 111-132. DOI: 10.5151/9786555502411-06. Disponível em: <https://openaccess.blucher.com.br/article-details/06-23694>. Acesso em: 01 de Maio ed 2024

CURITIBA (Município). Prefeitura Municipal de Curitiba, Paraná. Curitiba, 2023. Disponível em: <https://www.curitiba.pr.gov.br/>

GUPTA, D. K. *et al.* Microplastics in freshwater environment: occurrence, analysis, impact, control measures and challenges. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 20, n. 6, p. 6865-6896, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04139-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-022-04139-2#citeas>. Acesso em: 25 maio 2023.

DOS SANTOS, Vanessa Gramacho de. **Economia circular e gestão de resíduos sólidos em Curitiba**. 2022. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2022.

ESPINOSA-AQUINO, Beatriz; GABARRELL DURANY, Xavier; QUIRÓS VARGAS, Roberto. The Role of Informal Waste Management in Urban Metabolism: A Review of Eight Latin American Countries. **Sustainability**, v. 15, n. 3, p. 1826, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15031826>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/3/1826>. Acesso em: 01 Mai. 2024.

GALAVOTE, Tânia *et al.* Avaliação do efeito do fortalecimento da coleta seletiva nos custos de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 15, p. e20220108, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.015.e20220108>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/zssQX57CXWG7C7fKRzvk7pN/?format=html&lang=pt>. Acesso: 01 Mai. de 2024.

GOLA, Deepak *et al.* The impact of microplastics on marine environment: A review. **Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management**, v. 16, p. 100552, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100552>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2215153221001276?via%3Dihub>. Acesso: 20 Mai. 2023.

GUABIROBA, Ricardo César da Silva. **PROCEDIMENTO PARA DEFINIÇÃO DE CONSÓRCIOS PÚBLICOS RESPONSÁVEIS PELA COLETA DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS DOMICILIARES COM BASE EM MEDIDAS DE ECOEFICIÊNCIA. 2013.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: [https://www.pet.coppe.ufrj.br/images/documentos/teses/2013/Tese\\_RicardoCesardaSilvaGuabiroba\\_compressed.pdf](https://www.pet.coppe.ufrj.br/images/documentos/teses/2013/Tese_RicardoCesardaSilvaGuabiroba_compressed.pdf). Acesso em: 23 de Outubro de 2022.

GUTBERLET, Jutta. Waste in the city: challenges and opportunities for urban agglomerations. **Urban agglomeration**, v. 21, p. 191, 2018. DOI: 10.5772/intechopen.72047. Disponível em: <https://www.intechopen.com/chapters/57824>. Acesso em: 15 Mai. de 2024.

GOLWALA, Harmita *et al.* Solid waste: An overlooked source of microplastics to the environment. **Science of the Total Environment**, v. 769, p. 144581, 2021.1 – 10, oct. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144581>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720381122>. Acesso em: 20 Mai. 2023.

GUERRERO, Lilliana Abarca; MAAS, Ger; HOGLAND, William. Solid waste management challenges for cities in developing countries. **Waste management**, v. 33, n. 1, p. 220-232, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X12004205>. Acesso em: 16 Nov.2022.

GEYER, Roland; JAMBECK, Jenna R.; LAW, Kara Lavender. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Sci Adv** 3: e1700782. 2017. DOI: 10.1126/sciadv.1700782. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.1700782>. Acesso: 02 de Maio de 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Agência IBGE notícias. **Censo 2022.** Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37237-de-2010-a-2022-populacao-brasileira-cresce-6-5-e-chega-a-203-1-milhoes#:~:text=Desde%202010%2C%20quando%20foi%20realizado,primeira%20o pera%C3%A7%C3%A3o%20censit%C3%A1ria%20do%20pa%C3%ADs>. Acesso em: 3 de Março de 2024.

ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DAS CIDADES - IDSC BRASIL. **Classificação para os municípios brasileiros.** Disponível em: <https://idsc.cidadessustentaveis.org.br/rankings>. Acesso em: 8 de Abril de 2024.

JACOBI, P.R. Gestão compartilhada dos resíduos sólidos no Brasil: inovação com inclusão social. São Paulo, 2006

FERNANDES, Andreia N. *et al.* Microplastics in Latin America ecosystems: a critical review of the current stage and research needs. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 33, p. 303-326, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20220018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbchs/a/JLGXDvsS9gWyb3jJQLmrmLF/>. Acesso em: 07 de Outubro 2022.

FORTALEZA (Município). Prefeitura Municipal de Fortaleza, Ceará. Fortaleza, 2023. Disponível em: <https://www.fortaleza.ce.gov.br/>

KUMAR, Atul *et al.* Estimation of the generation rate of different types of plastic wastes and possible revenue recovery from informal recycling. **Waste management**, v. 79, p. 781-790, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.08.045>. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X18305348?via%3Di> hub. Acesso em: 01 Mai. 2024.

KIBRIA, Md Golam *et al.* Plastic waste: Challenges and opportunities to mitigate pollution and effective management. **International Journal of Environmental Research**, v. 17, n. 1, p. 20, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s41742-023-00507-z> Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41742-023-00507-z#citeas>. Acesso em: 01 Mai. 2024.

LAURIERI, Nicola *et al.* A door-to-door waste collection system case study: a survey on its sustainability and effectiveness. **Sustainability**, v. 12, n. 14, p. 5520, 2020. DOI: [doi:10.3390/su12145520](https://doi.org/10.3390/su12145520). Disponível em: [www.mdpi.com/journal/sustainability](http://www.mdpi.com/journal/sustainability). Acesso em: 27 de Novembro de 2022

LEBRETON, Laurent CM *et al.* River plastic emissions to the world's oceans. **Nature communications**, v. 8, n. 1, p. 15611, 2017. DOI: [10.1038/ncomms15611](https://doi.org/10.1038/ncomms15611) Disponível em: <https://www.nature.com/articles/ncomms15611>. Acesso em: 06 de Novembro de 2022.

LIU, Chen; WU, Xin-wu. 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: <https://doi.org/10.1177/0734242X10380114>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734242X10380114>. Acesso em: 12 de Maio de 2024.

MA, Youfei *et al.* Rivers of Plastic: A socio-economic and topographic approach to modeling plastic transport from catchment to sea. **Environmental Pollution**, p. 124314, 2024. DOI: [10.1016/j.envpol.2024.124314](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124314). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749124010285>. Acesso em: 10 de Maio de 2024

MANCINI, S.D., *et al.* Circular Economy and Solid Waste Management: Challenges and Opportunities in Brazil. **Circ.Econ.Sust.** 1, 261–282 (2021). DOI: <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00031-2>. Acesso em: 24 de Abril de 2024.

MANAUS (Município). Prefeitura Municipal de Manaus, Amazonas. Manaus, 2023. Disponível em: <https://www.manaus.am.gov.br/>

MEIO SUSTENTÁVEL. Triple bottom line: entenda o que é e como funciona o Tripé da Sustentabilidade. Disponível em: <https://meiosustentavel.com.br/triple-bottom-line/>. Acesso em: 25 de maio 2023.

MENDEZ, Gabriel. *et al.* Challenges of selective collection of the household waste: A case study in a Brazilian metropolis. **Waste Management & Research**. Vol. 41(3) 733–739, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1177/0734242X221122545>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734242X221122545>. Acesso 07 de Setembro de 2023.

MIELINGER, Ellen; WEINRICH, Ramona. Insights into plastic food packaging waste sorting behaviour: A focus group study among consumers in Germany. **Waste Management**, v.178, p.362-370, 2024.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2024.02.038>.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X24001235>. Acesso em: 16 de Maio de 2024.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil); SECRETARIA DE QUALIDADE AMBIENTAL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares**. Brasília, DF: MMA, Brasília: MMA, 2022. 209 p. Disponível em: [https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano\\_nacional\\_de\\_residuos\\_solidos-1.pdf](https://www.gov.br/mma/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/agendaambientalurbana/lixao-zero/plano_nacional_de_residuos_solidos-1.pdf). Acesso em: 01 jun. 2023.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil); **Agenda 21**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21.html>. Acesso em: 01 jun. 2023.

NIKIEMA, Josiane; ASIEDU, Zipporah. A review of the cost and effectiveness of solutions to address plastic pollution. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 29, n. 17, p. 24547-24573, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18038-5>. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-18038-5#citeas>. Acesso em: 01 de Maio de 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (Brasil); **NAÇÕES UNIDAS**. Objetivos de desenvolvimento sustentável. Brasília: ONU, 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 18 de Abril de 2024

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS; **NAÇÕES UNIDAS**. Circuito Urbano/ ONU Habitat. Disponível em: <https://www.circuitourbano.org/>. Acesso em: 18 de Abril de 2024

OUR WORLD IN DATA. **Plastic pollution.**

Disponível em: <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>. Acesso em: 17 de Abril de 2024.

OYAKE-OMBIS, Leah; VAN VLIET, Bas JM; MOL, Arthur PJ. Managing plastic waste in East Africa: Niche innovations in plastic production and solid waste. **Habitat International**, v. 48, p. 188-197, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.03.019>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0197397515000673>. Acesso em: 01 de Maio de 2024.

PACHECO, Elen BAV; RONCHETTI, Luiza M.; MASANET, Eric. An overview of plastic recycling in Rio de Janeiro. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 60, p. 140-146, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.12.010>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921344911002643>. Acesso em: 01 de Junho de 2024.

PLANO ESTRATÉGICO DE MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DO LIXO NO MAR – PEMALM. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.pemalm.com/>. Acesso em: 27 de Novembro de 2022.

PLANO DE INCENTIVO À CADEIA DO PLÁSTICO – PICPLAST, 2023. Disponível em: <https://www.picplast.com.br/detalhe-noticia/valor-economico-reciclagem-de-plasticos-no-pais-tem-maior-salto-em-cinco-anos>. Acesso em: 7 Abril de 2024.

PLASTICS EUROPE. **Enabling a sustainable future**, 2022. Disponível em: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>. Acesso em: 28 de Março de 2024

PINCELLI, Isabella Pimentel *et al.* Post-consumer plastic packaging waste flow analysis for Brazil: The challenges moving towards a circular economy. **Waste Management**, v. 126, p. 781-790, 2021. DOI: 10.1016/j.wasman.2021.04.005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X21002026>. Acesso: 01 de Maio de 2024

PISANI, Reinaldo; CASTRO, Marcus Cesar Avezum Alves de; COSTA, Antonio Álvarez da. 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 Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 2, p. 415-424, 2018. DOI: 10.1590/S1413-41522018167380. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/hqd33tnHz4XR7dJnYqctWCB/>. Acesso: 24 de Novembro de 2022.

PORTO ALEGRE (Município). Prefeitura Municipal de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2023. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/>

RANA, Rishi; GANGULY, Rajiv; GUPTA, Ashok Kumar. An assessment of solid waste management system in Chandigarh City, India. **Electron. J. Geotech. Eng**, v. 20, n.

6, p. 1547-1572, 2015. ISSN: 10893032. Disponível em: <https://www-scopus-com.ez48.periodicos.capes.gov.br/record/display.uri?eid=2-s2.0-84927726187&origin=resultslist#metrics>. Acesso em: 24 de Abril de 2024.

RANI, Aishwarya *et al.* Revitalizing plastic wastes employing bio-circular-green economy principles for carbon neutrality. **Journal of Hazardous Materials**, p. 134394, 2024. DOI: <https://10.1016/j.jhazmat.2024.134394>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389424009737>. Acesso em: 01 de Meio de 2024.

RANIERI, Juliana Ribeiro *et al.* Avaliação da atividade de coleta seletiva à luz da PNRS: Um estudo na cidade de Belém-PA. **Gestão da Produção em Foco**, v. 49, p. 42. DOI: 10.36229/978-65-5866-080-4.CAP.05.

Disponível em:

[https://www.researchgate.net/profile/Daiane-Santos-5/publication/351798097\\_A\\_elasticidade\\_-\\_Renda\\_da\\_demanda\\_do\\_Setor\\_Privado\\_do\\_Ensino\\_Superior\\_Presencial\\_no\\_Brasil/links/61071b311ca20f6f86f23d58/A-elasticidade-Renda-da-demanda-do-Setor-Privado-do-Ensino-Superior-Presencial-no-Brasil.pdf#page=42](https://www.researchgate.net/profile/Daiane-Santos-5/publication/351798097_A_elasticidade_-_Renda_da_demanda_do_Setor_Privado_do_Ensino_Superior_Presencial_no_Brasil/links/61071b311ca20f6f86f23d58/A-elasticidade-Renda-da-demanda-do-Setor-Privado-do-Ensino-Superior-Presencial-no-Brasil.pdf#page=42)

[\\_Renda\\_da\\_demanda\\_do\\_Setor\\_Privado\\_do\\_Ensino\\_Superior\\_Presencial\\_no\\_Brasil/links/61071b311ca20f6f86f23d58/A-elasticidade-Renda-da-demanda-do-Setor-Privado-do-Ensino-Superior-Presencial-no-Brasil.pdf#page=42](https://www.researchgate.net/profile/Daiane-Santos-5/publication/351798097_A_elasticidade_-_Renda_da_demanda_do_Setor_Privado_do_Ensino_Superior_Presencial_no_Brasil/links/61071b311ca20f6f86f23d58/A-elasticidade-Renda-da-demanda-do-Setor-Privado-do-Ensino-Superior-Presencial-no-Brasil.pdf#page=42).

Acesso em: 01 de Março de 2024.

RAGUSA, Antonio *et al.* Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. **Environment international**, v. 146, p. 106274, 2021.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>.

Disponível

em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020322297> Acesso em: 06 de Novembro de 2022.

R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.

RIO DE JANEIRO (Município). Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://prefeitura.rio/>

RSTUDIO TEAM, 2020. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.

RUTKOWSKI, Jacqueline Elizabeth; RUTKOWSKI, Emília Wanda. Recycling in Brasil: Paper and plastic supply chain. **Resources**, v. 6, n. 3, p. 43, 2017. DOI: [doi:10.3390/resources6030043](https://doi.org/10.3390/resources6030043). Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-9276/6/3/43>. Acesso em: 4 de Novembro de 2022.

SÃO PAULO (Município). Prefeitura Municipal de São Paulo, São Paulo. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.capital.sp.gov.br/>

SARAIVA, A. Bernstad; SOUZA, R. G.; VALLE, R. A. B. Comparative lifecycle assessment of alternatives for waste management in Rio de Janeiro—Investigating the influence of an attributional or consequential approach. **Waste management**, v. 68, p. 701-710, 2017. DOI: <https://doi.org/10.34024/revbea.2018.v13.2581>.

Disponível:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X17304944>. Acesso em: 16 de Novembro de 2022.

SOUZA FILHO, José R. et al. Litter reduction during beach closure in the context of the COVID-19 pandemic: quantifying the impact of users on beach litter generation. **Sustainability**, v. 15, n. 3, p. 2009, 2023. DOI: 10.3390/su15032009. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/3/2009>. Acesso em: 15 de Agosto de 2024.

SCHMIDT, Jannick *et al.* Consumer influence on lightweight packaging waste generation in Germany. **Cleaner and Responsible Consumption**, p. 100185, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2024.100185>. Acesso em: 08 de Maio de 2024.

Schloerke B, Cook D, Larmarange J, Briatte F, Marbach M, Thoen E, Elberg A, Crowley J (2024). GGally: Extension to 'ggplot2'. R package version 2.2.1, <https://github.com/ggobi/ggally>, <https://ggobi.github.io/ggally/>.

SENA, Larissa Gomes *et al.* Gestão de resíduos domiciliares: uma análise sistêmica sob a ótica da sustentabilidade financeira de municípios e rendimentos de catadores de materiais recicláveis no Brasil. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 15, p. e20220212, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.015.e20220212>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/5YQCMrGs9Mh3s3LDpsQY8jD/>. Acesso em: 20 de Março de 2024.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO BÁSICO – SNIS. Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis>. Acesso em: 03 de Novembro de 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS – SINIR. Brasil, 2024. Disponível em: <https://sinir.gov.br/perfis/logistica-reversa/logistica-reversa/embalagens-em-geral/>. Acesso em: 27 de Fev. de 2024

SPIES, Alena Maria *et al.* Methodology to quantify single-use plastic products in municipal solid waste Part 1: Development of a sampling methodology. **Waste Management & Research**, p. 0734242X231190803, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1177/0734242X231190803>. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734242X231190803>. Acesso em: 01 de Maio de 2024.

UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND. Objetivos de desenvolvimento sustentável. Unicef Brasil, 2024. Disponível em:

<https://www.unicef.org/brazil/objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel#:~:text=Os%20ODS%20representam%20um%20plano,pac%C3%ADficas%20e%20inclusivas%20at%C3%A9%202030>. Acesso em: 01 de Maio de 2024.

VARGAS, Isabela Salgado; GOMES, Fernanda Bento Rosa; CASTRO, Samuel Rodrigues. Reflections on COVID-19 pandemic and waste management in developing countries: A case study in São Paulo city, Brazil. **Waste Management & Research**, v. 42, n. 1, p. 41-50, 2024. DOI: 10.1177/0734242X231175817. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37277998/>. Acesso em: 13 de Agosto de 2024.

VERMA. R.L. *et al.* Municipal Solid Waste Management in Ho Chi Minh City, Viet Nam, Current Practices and Future Recommendation. Tailândia, 2015. DOI: 10.1016/j.proenv.2016.07.059. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com>. Acesso em 20 de Março de 2023.

XIANG, Yujia *et al.* Microplastics and environmental pollutants: key interaction and toxicology in aquatic and soil environments. **Journal of Hazardous Materials**, v. 422, p. 126843, 2022. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2021.126843. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389421018112>. Acesso em: 21 de Março de 2023.

XEVENOS, Dimitrios *et al.* Success stories for recycling of MSW at municipal level: a review. **Waste and biomass valorization**, v. 6, p. 657-684, 2015. DOI: 10.1007/s12649-015-9389-9. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12649-015-9389-9>. Acesso em: 10 de Maio de 2024.

YATOO, Ali Mohd *et al.* Global perspective of municipal solid waste and landfill leachate: generation, composition, eco-toxicity, and sustainable management strategies. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, n. 16, p. 23363-23392, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32669-4>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-024-32669-4#citeas>. Acesso em: 01 de Maio de 2024.

WICKHAM, H. 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. ISBN 978-3-319-24277-4. Disponível em: <https://ggplot2.tidyverse.org>.

## **APÊNDICE A - Tabelas complementares**

Tabela 1 – Dados de Porto Alegre

| Ano  | Coleta Convencional Domiciliar (t) - Co02b | Coleta seletiva (t)- Cs01 | Total coletado(t) | Geração de plástico (t) | Coleta Seletiva (%) | Triagem/Material Recuperado Total - Cs009 | Material recuperado (%) | Triagem/Material Recuperado - Plástico (Cs02) | Plástico recuperado (%) |
|------|--------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|
| 2020 | 370.911,7                                  | 16.012,2                  | 386.923,9         | 43.335,5                | 4,1                 | 9.986,8                                   | 2,6                     | 1.809,6                                       | 4,2                     |
| 2019 | 391.728,2                                  | 19.051,5                  | 410.779,7         | 46.007,3                | 4,6                 | 10.878,9                                  | 2,6                     | 2.005,2                                       | 4,4                     |
| 2018 | 381.606,3                                  | 17.419,7                  | 399.026,0         | 44.690,9                | 4,4                 | 11.266,0                                  | 2,8                     | 2.181,0                                       | 4,9                     |
| 2017 | 378.868,3                                  | 19.993,0                  | 398.861,3         | 44.672,5                | 5,0                 | 13.130,8                                  | 3,3                     | 2.569,3                                       | 5,8                     |
| 2016 | 399.045,4                                  | 21.463,0                  | 420.508,4         | 47.223,1                | 5,1                 | 13.713,0                                  | 3,3                     | 2.590,0                                       | 5,5                     |

Fonte: A autora, 2023

Tabela 2 – Dados de Curitiba

| Ano  | Coleta Convencional Domiciliar (t) - Co02b | Coleta seletiva (t)- Cs01 | Total coletado(t) | Geração de plástico (t) | Coleta Seletiva (%) | Triagem/Material Recuperado Total - Cs009 | Material recuperado (%) | Triagem/Material Recuperado - Plástico (Cs02) | Plástico recuperado (%) |
|------|--------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|
| 2016 | 514.748,0                                  | 25.543,9                  | 540.291,9         | 96.172,0                | 4,7                 | 4.675,0                                   | 0,9                     | 864,3                                         | 0,9                     |
| 2017 | 517.282,0                                  | 21.719,0                  | 539.001,0         | 95.942,2                | 4,0                 | 9.616,0                                   | 1,8                     | 1.801,0                                       | 1,9                     |
| 2018 | 491.557,4                                  | 21.034,0                  | 512.591,4         | 91.241,3                | 4,1                 | 10.260,0                                  | 2,0                     | 1.709,0                                       | 1,9                     |
| 2019 | 588.992,3                                  | 20.063,2                  | 609.055,5         | 108.411,9               | 3,3                 | 12.474,2                                  | 2,0                     | 4.137,3                                       | 3,8                     |
| 2020 | 572.798,0                                  | 22.514,0                  | 595.312,0         | 105.965,5               | 3,8                 | 15.761,0                                  | 2,6                     | 4.043,0                                       | 3,8                     |

Fonte: A autora, 2023

Tabela 3 – Dados de São Paulo

| Ano  | Coleta Convencional Domiciliar (t) - Co02b | Coleta seletiva (t)- Cs01 | Total coletado(t) | Geração de plástico (t) | Coleta Seletiva (%) | Triagem/Material Recuperado Total - Cs009 | Material recuperado (%) | Triagem/Material Recuperado - Plástico (Cs02) | Plástico recuperado (%) |
|------|--------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|
| 2020 | 3.713.782,0                                | 94.466,0                  | 3.808.248,0       | 514.113,5               | 2,5                 | 48.083,0                                  | 1,3                     | 17.571,0                                      | 3,4                     |
| 2019 | 3.760.534,4                                | 80.454,0                  | 3.840.988,4       | 518.533,4               | 2,1                 | 32.182,0                                  | 0,8                     | 18.470,0                                      | 3,6                     |
| 2018 | 3.729.839,0                                | 76.907,0                  | 3.806.746,0       | 513.910,7               | 2,0                 | 33.426,7                                  | 0,9                     | 5.893,8                                       | 1,1                     |
| 2017 | 3.770.182,0                                | 87.921,7                  | 3.858.103,7       | 520.844,0               | 2,3                 | 38.214,7                                  | 1,0                     | 6.738,0                                       | 1,3                     |
| 2016 | 3.711.442,9                                | 86.064,0                  | 3.797.506,9       | 512.663,4               | 2,3                 | 1.721,0                                   | 0,0                     | 200,0                                         | 0,0                     |

Fonte: A autora, 2023

Tabela 4 – Dados Rio de Janeiro

| Ano  | Coleta Convencional Domiciliar (t) - Co02b | Coleta seletiva (t)- Cs01 | Total coletado(t) | Geração de plástico (t) | Coleta Seletiva (%) | Triagem/Material Recuperado Total - Cs009 | Material recuperado (%) | Triagem/Material Recuperado - Plástico (Cs02) | Plástico recuperado (%) |
|------|--------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|
| 2020 | 2.132.001,2                                | 44.048,0                  | 2.176.049,2       | 406.921,2               | 2,0                 | 40.151,7                                  | 1,8                     | 20.359,0                                      | 5,0                     |
| 2019 | 2.216.294,0                                | 17.222,0                  | 2.233.516,0       | 417.667,5               | 0,8                 | 12.055,0                                  | 0,5                     | 6.454,0                                       | 1,5                     |
| 2018 | 2.141.363,0                                | 15.556,0                  | 2.156.919,0       | 403.343,9               | 0,7                 | 10.888,6                                  | 0,5                     | 5.829,4                                       | 1,4                     |
| 2017 | 1.989.413,4                                | 47.747,6                  | 2.037.161,0       | 380.949,1               | 2,3                 | 38.198,0                                  | 1,9                     | 19.099,0                                      | 5,0                     |
| 2016 | 1.972.998,8                                | 32.546,1                  | 2.005.544,9       | 375.036,9               | 1,6                 | 29.144,9                                  | 1,5                     | 16.273,0                                      | 4,3                     |

Fonte: A autora, 2023

Tabela 5 – Dados de Brasília

| Ano  | Coleta Convencional Domiciliar (t) - Co02b | Coleta seletiva (t)- Cs01 | Total coletado(t) | Geração de plástico (t) | Coleta Seletiva (%) | Triagem/Material Recuperado Total - Cs009 | Material recuperado (%) | Triagem/Material Recuperado - Plástico (Cs02) | Plástico recuperado (%) |
|------|--------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|
| 2020 | 813.655,5                                  | 27.279,9                  | 840.935,4         | 121.094,7               | 3,2                 | 19.345,5                                  | 2,3                     | 2.583,3                                       | 2,1                     |
| 2019 | 1.290.625,0                                | 32.570,4                  | 1.323.195,4       | 190.540,1               | 2,5                 | 30.587,9                                  | 2,3                     | 5.486,7                                       | 2,9                     |
| 2018 | 829.233,5                                  | 28.548,8                  | 857.782,3         | 123.520,7               | 3,3                 | 17.142,8                                  | 2,0                     | 5.142,6                                       | 4,2                     |
| 2017 | 859.199,0                                  | 29.970,0                  | 889.169,0         | 128.040,3               | 3,4                 | 15.687,8                                  | 1,8                     | 7.848,8                                       | 6,1                     |
| 2016 | 868.121,9                                  | 49.351,0                  | 917.472,9         | 132.116,1               | 5,4                 | 27.481,3                                  | 3,0                     | 17.363,2                                      | 13,1                    |

Fonte: A autora, 2023

Tabela 6 – Dados de Fortaleza

| Ano  | Coleta Convencional Domiciliar (t) - Co02b | Coleta seletiva (t)- Cs01 | Total coletado (t) | Geração de plástico (t) | Coleta Seletiva (%) | Triagem/Material Recuperado Total - Cs009 | Material recuperado (%) | Triagem/Material Recuperado - Plástico (Cs02) | Plástico recuperado (%) |
|------|--------------------------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|
| 2020 | 977.652,0                                  | 8.636,7                   | 986.288,7          | 148.929,6               | 0,9                 | 7.904,8                                   | 0,8                     | 839,2                                         | 0,6                     |
| 2019 | 877.287,8                                  | 8.156,8                   | 885.444,6          | 133.702,1               | 0,9                 | 7.481,6                                   | 0,8                     | 838,0                                         | 0,6                     |
| 2018 | 842.139,5                                  | 7.808,0                   | 849.947,5          | 128.342,1               | 0,9                 | 7.170,1                                   | 0,8                     | 909,4                                         | 0,7                     |
| 2017 | 809.282,1                                  | 7.881,2                   | 817.163,3          | 123.391,7               | 1,0                 | 7.804,4                                   | 1,0                     | 997,2                                         | 0,8                     |
| 2016 | 804.085,5                                  | 9.374,6                   | 813.460,1          | 122.832,5               | 1,2                 | 8.490,7                                   | 1,0                     | 796,4                                         | 0,6                     |

Fonte: A autora, 2023

Tabela 7 – Dados de Belém

| Ano  | Coleta Convencional Domiciliar (t) - Co02b | Coleta seletiva (t)- Cs01 | Total coletado(t) | Geração de plástico (t) | Coleta Seletiva (%) | Triagem/Material Recuperado Total - Cs009 | Material recuperado (%) | Triagem/Material Recuperado - Plástico (Cs02) | Plástico recuperado (%) |
|------|--------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|
| 2020 | 600.540,0                                  | 14.460,0                  | 615.000,0         | 75.030,0                | 2,4                 | 4.817,0                                   | 0,8                     | 964,0                                         | 1,3                     |
| 2019 | 362.816,0                                  | 10.180,0                  | 372.996,0         | 45.505,5                | 2,7                 | 900,0                                     | 0,2                     | 250,0                                         | 0,5                     |
| 2018 | 349.492,0                                  | 4.272,0                   | 353.764,0         | 43.159,2                | 1,2                 | 3.780,5                                   | 1,1                     | 955,4                                         | 2,2                     |
| 2017 | 374.824,8                                  | 2.824,8                   | 377.649,6         | 46.073,3                | 0,7                 | 1.977,3                                   | 0,5                     | 403,9                                         | 0,9                     |
| 2016 | 348.828,5                                  | 1.467,7                   | 350.296,2         | 42.736,1                | 0,4                 | 1.021,1                                   | 0,3                     | 53,7                                          | 0,1                     |

Fonte: A autora, 2023

Tabela 8 – Dados de Manaus

| Ano  | Coleta Convencional Domiciliar (t) - Co02b | Coleta seletiva (t)- Cs01 | Total coletado(t) | Geração de plástico (t) | Coleta Seletiva (%) | Triagem/Material Recuperado Total - Cs009 | Material recuperado (%) | Triagem/Material Recuperado - Plástico (Cs02) | Plástico recuperado (%) |
|------|--------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|
| 2020 | 620.122,5                                  | 8.923,0                   | 629.045,5         | 122.034,8               | 1,4                 | 4.720,0                                   | 0,8                     | 1.506,6                                       | 1,2                     |
| 2019 | 601.795,0                                  | 12.455,0                  | 614.250,0         | 119.164,5               | 2,0                 | 6.589,0                                   | 1,1                     | 2.103,1                                       | 1,8                     |
| 2018 | 590.770,9                                  | 11.386,1                  | 602.157,0         | 116.818,5               | 1,9                 | 10.145,1                                  | 1,7                     | 2.953,2                                       | 2,5                     |
| 2017 | 598.844,5                                  | 10.934,2                  | 609.778,7         | 118.297,1               | 1,8                 | 9.742,2                                   | 1,6                     | 2.836,0                                       | 2,4                     |
| 2016 | 588.240,4                                  | 8.089,9                   | 596.330,3         | 115.688,1               | 1,4                 | 7.207,9                                   | 1,2                     | 404,4                                         | 0,3                     |

Fonte: A autora, 2023

Quadro 1 – Planos de Gestão Integrada de Resíduos

| <b>Municípios</b> | <b>Fonte</b>                                                                                     | <b>Planos de Gestão Integrada de Resíduos</b>                                          | <b>Páginas</b> | <b>Fonte</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Porto Alegre      | DDF/DMLU (2010)                                                                                  | PMGIRS – Porto Alegre (2013)                                                           | Pg 57          | <a href="https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_doc/sites/dmlu/PMGIRS/pmgirs_porto_alegre_volume_1.pdf">https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_doc/sites/dmlu/PMGIRS/pmgirs_porto_alegre_volume_1.pdf</a>                                                                                                                             |
| Curitiba          | MALP (2013)<br>(Departamento de limpeza pública)                                                 | Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Curitiba (2017)                       | Pg 31          | <a href="https://mid.curitiba.pr.gov.br/2021/00314779.pdf">https://mid.curitiba.pr.gov.br/2021/00314779.pdf</a>                                                                                                                                                                                                                                             |
| São Paulo         | SNIS, IBGE, IPEA - 2010; Abrelpe, CEMPRE – 2012.                                                 | Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Cidade de São Paulo.                  | Pg 90          | <a href="https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf">https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf</a>                                                                                                                                                       |
| Rio de Janeiro    | Relativos aos dados da COMLURB, ano de referência 2020. (Companhia Municipal de Limpeza Urbana). | Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS da cidade do Rio de Janeiro     | Pg 14          | <a href="http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/13305794/4334422/PMGIRSVERSAO12_08_21.pdf">http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/13305794/4334422/PMGIRSVERSAO12_08_21.pdf</a>                                                                                                                                                                           |
| Brasília          | Serenco (2016) Serviços de Engenharia Consultiva Ltda.                                           | Plano Distrital de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos 2018.                          | Pg 38 anexo 1  | <a href="https://www.so.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/PDGIRS.pdf">https://www.so.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/03/PDGIRS.pdf</a>                                                                                                                                                                                                                 |
| Fortaleza         | Fonte: SANETAL, 2012.                                                                            | Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Fortaleza - estado do ceará | Pg 137         | <a href="https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/plano_municipal_de_gesto_integrada_de_residuos_solidos_de_fortaleza.pdf">https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade/plano_municipal_de_gesto_integrada_de_residuos_solidos_de_fortaleza.pdf</a> |
| Belém*            | -                                                                                                | -                                                                                      | -              | <a href="file:///C:/Users/CEEP_45/Downloads/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o-Geral-de-Bel%C3%A9m-Relat%C3%B3rio-3.1-1.pdf">file:///C:/Users/CEEP_45/Downloads/Caracteriza%C3%A7%C3%A3o-Geral-de-Bel%C3%A9m-Relat%C3%B3rio-3.1-1.pdf</a>                                                                                                                             |
| Manaus            | Souza, 2014                                                                                      | Resíduos Sólidos da Cidade de Manaus - Dissertação de Mestrado                         | Pg 40          | <a href="https://ppcs.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2014/kelen.pdf">https://ppcs.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2014/kelen.pdf</a>                                                                                                                                                                                                           |

Fonte: A autora, 2023

\*Belém: Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PGIRS, vinculado ao Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB de Belém não estão mais disponíveis para consulta, até a última conferência em Maio de 2024.