



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**  
**Faculdade de Economia, Administração e Ciências**  
**Contábeis, Curso de Economia - FACE**

**ELIAKYN DAYAN DE IBANHES**

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DOS PLANOS MUNICIPAIS DE**  
**RESÍDUOS SÓLIDOS NA RECICLAGEM BRASILEIRA**

Dourados  
2021



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**  
**Faculdade de Economia, Administração e Ciências**  
**Contábeis, Curso de Economia - FACE**

**ELIAKYN DAYAN DE IBANHES**

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DOS PLANOS MUNICIPAIS DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS NA RECICLAGEM BRASILEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na disciplina de Trabalho de Graduação II, do 2º semestre de 2021, do curso de Ciências Econômicas da FACE-UFGD, como requisito para aprovação na disciplina.

Orientador: Profº. Dr. João Augusto Rossi Borges.

Banca Examinadora:

Profº. Dr. Pedro Rodrigues de Oliveira;

Profª. Dra. Vera Luci de Almeida

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

I12a Ibanhes, Eliakyn Dayan De

Avaliação dos Impactos dos Planos Municipais de Resíduos Sólidos na Reciclagem Brasileira [recurso eletrônico] / Eliakyn Dayan De Ibanhes. -- 2021.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: João Augusto Rossi Borges.

TCC (Graduação em Ciências Econômicas)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2021.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos. 2. Política Nacional de Resíduos Sólidos. 3. Reciclagem. 4. Reutilização. 5. Economia Circular. I. Borges, João Augusto Rossi. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



ATA DE APROVAÇÃO DE BANCA EXAMINADORA DE TRABALHO DE  
GRADUAÇÃO II, SEMESTRE LETIVO 2021.1, RAEMF

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DOS PLANOS MUNICIPAIS DE  
RESÍDUOS SÓLIDOS NA RECICLAGEM BRASILEIRA

ELIAKYN DAYAN DE IBANHES

Esta monografia, realizada via webconferência (Google Meet), foi julgada adequada para aprovação na atividade acadêmica específica de Trabalho de Graduação II, que faz parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas pela Faculdade de Administração, Ciências Contábeis e Economia – FACE da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD.

Apresentado à Banca Examinadora integrada pelos professores:

Prof. Dr. João Augusto Rossi Borges  
(Presidente)

Prof. Dr. Pedro Rodrigues de Oliveira  
(Avaliador 1)

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vera Luci de Almeida  
(Avaliador 2)

DOURADOS-MS, 29 de novembro de 2021.

## RESUMO

O Brasil, em 2010, publicou a Lei Federal nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no país, visando aperfeiçoar a gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) e aumentar os índices de recuperação (reciclagem e reutilização) destes. Os municípios brasileiros, como condutores dos objetivos da PNRS, devem, conforme estabelece a lei, elaborar Planos Municipais de Gestão de Resíduos Sólidos (PGIRS) para garantir o financiamento necessário para empreendimentos e serviços relacionados ao manejo dos RSU. Objetivou-se com o trabalho, verificar se os PGIRS estão alinhados com a PNRS na recuperação dos RSU, especificamente, avaliar qual foi o impacto da PGIRS na recuperação dos RSU. Para isso, foi realizada uma análise econométrica sobre um modelo de regressão multivariada com dados em painel do período de 2010 até 2018, com base em dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS) e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), controlando para outras variáveis socioeconômicas e de efeitos temporais e regionais. Foi observado que nos municípios amostrais que adotaram o PGIRS houve um aumento de 17,3% na taxa de recuperação de RSU *per capita*, indicando que os PGIRS têm efeitos positivos na recuperação de RSU. As demais variáveis socioeconômicas, como Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* municipal, o montante das despesas em saneamento público, bem como o número de trabalhadores destinados para gestão de RSU nos municípios amostrais, tiveram também efeitos positivos na recuperação de RSU. Por fim, ficou demonstrado que os municípios localizados nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, recuperam cerca de 94,5% à mais de RSU do que aqueles localizados em outras regiões do país.

**Palavras-Chave:** Plano Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos; Política Nacional de Resíduos Sólidos; Reciclagem; Reutilização; Economia Circular.

## ABSTRACT

In 2010, Brazil passed the Federal Law n° 12.305 that institutes the National Solid Waste Policy (PNRS) in the country, aiming to improve urban solid waste (MSW) management and increase waste recovery (recycle and reuse). According to this law, Brazilian cities, as conductors of PNRS goals, must create Municipal Solid Waste Plans (PGIRS) to guarantee funding to enterprises and services related to MSW management. This research aimed to verify if the PGIRS were aligned with the PNRS on MSW recovery, specifically, assess the impact of PGIRS on MSW recovery. We conducted, an econometric analysis of multivariate regression model on panel data in the period of 2010 to 2018, using National Sanitation Information System (SNIS) and National Institute of Geography and Statistics (IBGE) data, controlling for other socioeconomic and time-spatial effects variables. It was observed, an increase of 17,3% in the rate of waste recovery *per capita* in the sample municipalities that has adopted PGIRS, showing that PGIRS have a positive effect in MSW recovery. As for the other socioeconomic variables, like municipal *per capita* Gross Domestic Product (PDG), the amount of expenditure on public sanitation, as well as the number of MSW management workers on sample municipalities, showed a positive effect on MSW recovery as well. Finally, it was demonstrated that municipalities located in South or South-east regions of Brazil, recovered around 94,5% more MSW than those located in other regions of the country.

**Keywords:** Municipal Solid Waste Plan; National Solid Waste Policy; Recycling; Reuse; Circular Economy.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Distribuição de municípios amostrais por grandes regiões e ano.....	17
<b>Tabela 2</b> – Testes específicos de adequação de modelo.....	20
<b>Tabela 3</b> – Teste de Hipótese de Efeitos Aleatórios .....	23
<b>Tabela 4</b> – Estatística Descritiva das variáveis do modelo .....	24
<b>Tabela 5</b> – Distribuição dos grupos Controle e Tratamento por ano .....	25
<b>Tabela 6</b> – Matriz de Correlação entre as variáveis do modelo com significância estatística	26
<b>Tabela 7</b> – Fator de Inflação de Variância (VIF) das variáveis explicativas.....	27
<b>Tabela 8</b> – Teste de Shapiro-Francia $W'$ para normalidade dos dados.....	28
<b>Tabela 9</b> – Teste LM de Inoue-Solo de autocorrelação na variável residual $\varepsilon_{it}$ .....	29
<b>Tabela 10</b> – Resultados da regressão por Efeitos Mistos (EM) de Modelo Linear Generalizado (GLM) em Dados em Painel contra a variável dependente $l\_recpc$ .....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABETRE – Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes  
ANCAT – Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis  
CEMPRE – Compromisso Empresarial Para Reciclagem  
CGU – Controladoria Geral da União  
CNAE – Classificação Nacional de Atividades Econômicas  
CRE – Modelo de Efeitos Aleatórios Correlacionados  
EA – Modelo de Efeitos Aleatórios  
EF – Modelo de Efeitos Fixos  
EM – Modelo de Efeitos Mistos  
GLM – Modelo Linear Generalizado  
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IPCA – Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo  
LM – Multiplicador de Lagrange  
MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional  
MH – Modelos Híbridos  
MMA – Ministério do Meio Ambiente  
MQOA – Mínimos Quadrados Ordinários Agrupados  
MSW – Municipal Solid Waste  
ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável  
ONU – Organização das Nações Unidas  
PGIRS – Plano Municipal de Resíduos Sólidos  
PIB – Produto Interno Bruto  
PLS – Projeto de Lei do Senado Federal  
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos  
PWC – Pricewaterhouse Coopers  
REWB – Modelo Intra-entre-grupos de Efeitos Aleatórios  
RS – Resíduos Sólidos  
RSU – Resíduos Sólidos Urbanos  
SELURB – Sindicato Nacional das Empresas de Limpeza Urbana  
SINIR – Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão de Resíduos Sólidos  
SNA – Sistema de Contas Nacionais  
SNIS – Sistema Nacional de Informações de Saneamento  
SUFRAMA – Superintendência da Zona Franca de Manaus  
VIF – Fator de Inflação de Variância

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	9
1.1	O Problema e Sua Importância.....	10
1.2	Objetivos.....	12
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	16
3.1	Delineamento da Pesquisa.....	16
3.2	Definição da Amostra.....	16
3.3	Técnicas de Coleta de Dados.....	17
3.4	Técnicas de Pesquisa e Análise de Dados .....	18
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	23
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	34
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	36

## 1 INTRODUÇÃO

Com o intenso avanço da urbanização e industrialização da sociedade, houve também grande crescimento da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU), que está associado a riscos ambientais e de saúde pública mundial consideráveis (DOLAR; KOŠUTIĆ; STRMECKY, 2016; TALALAJ; BIEDKA, 2015). Devido à preocupação crescente em relação ao crescimento exponencial dos RSU, tem aumentado a mobilização coletiva em torno do gerenciamento destes resíduos e do uso intensivo dos recursos naturais. A reciclagem, nesse contexto, tem tomado um papel cada vez mais central e essencial para o desenvolvimento sustentável (ANCAT, 2019; SOLIANI; KUMSCHLIES; SCHALCH, 2019).

Os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), naquilo que diz respeito a gestão dos RSU, busca assegurar padrões de produção e consumo sustentáveis, reduzindo substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso (ONU, 2021).

A recuperação dos RSU, ou seja, a reinserção destes na cadeia produtiva por meio da reciclagem e do reuso, refreia a tensão gerada sobre os aterros sanitários, reduzindo a exploração de recursos naturais para a produção de novos bens, e tem efeitos diretos de geração de renda ao longo da cadeia de logística reversa<sup>1</sup>, entre outros benefícios ambientais e sociais (CUDJOE et al., 2021; HUYSVELD et al., 2019; MOTTA, 2011).

No Brasil, a Lei Federal nº 12.305, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), foi estabelecida em agosto de 2010 após um demorado trâmite de 20 anos no Congresso Nacional, e é considerada um marco para a gestão dos resíduos sólidos no Brasil. As metas principais da lei são garantir a não-geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos municipais, incluindo sistemas de recuperação de energia para evitar danos ambientais e de saúde pública, como também, insere o conceito de responsabilidade compartilhada a fim de incentivar o desenvolvimento de cooperativas e a integração de todos os elos da cadeia produtiva (ALFAIA; COSTA; CAMPOS, 2017; ANCAT, 2021; BRASIL, 2010).

---

<sup>1</sup> Segundo a PNRS (2010), logística reversa é o: “instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada”. Para Rogers e Tibben-Lembke (1998, p. 17, tradução nossa), a “logística reversa é o processo de movimento de mercadorias do ponto de consumo ao ponto de origem, com o propósito de recapturar valor ou dar sua destinação final adequada”.

## 1.1 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA

A PNRS, desde sua implementação em 2010, proíbe o descarte a céu aberto dos RSU. Estipulava-se de início que, todos os municípios deveriam encerrar as atividades de seus lixões até 2014 (BRASIL, 2010). Porém, a situação dos resíduos sólidos no país pouco mudou desde a introdução da PNRS, e muitos desses resíduos ainda são destinados de forma inadequada (ABRELPE, 2020; MAIER; OLIVEIRA, 2014; PWC BRASIL; SELURB, 2020).

Em 2019, procurando lidar com a situação, o Governo Federal criou o Programa Lixão Zero, que é um programa de ação pragmática que compõe a Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana do Ministério do Meio Ambiente (MMA), e dá diretrizes, informações e assistência para a implementação da PNRS nas diversas esferas, principalmente, nos municípios brasileiros (MMA, 2019).

Já em 2020, foi estabelecido o novo Marco Legal do Saneamento Básico (Lei Federal nº 14.026/2020), que define novos prazos para a regularização e destinação ambientalmente adequada dos RSU. Os prazos variam de acordo com a dimensão e a situação do município em relação à elaboração ou não de Plano Municipal ou Intermunicipal de Resíduos Sólidos. O Marco Legal também prevê a possibilidade de os municípios cobrarem dos usuários taxas, tarifas e outros preços públicos a fim de manter a sustentabilidade econômico-financeira do serviço (AGÊNCIA BRASIL, 2020; ABETRE, 2021; BRASIL, 2010, 2020; SINIR, 2021).

Apesar dos esforços, a disposição final ambientalmente adequada, é aquela realizada em aterro sanitário, que segundo a própria ordem de prioridade estabelecida pela PNRS – seguindo as diretrizes internacionais de sustentabilidade – deve ser o último recurso do processo de gestão dos RSU (GARBACCIO; KROLIK; MARTINS DE ARAÚJO, 2021; BRASIL, 2010; ONU, 2021).

Da leitura do artigo 9º da Lei nº 12.305/2010 (PNRS), é possível inferir a intenção do legislador, que define que a recuperação e a reintrodução dos resíduos sólidos na economia, em detrimento do descarte ambientalmente adequado, são mais importantes para o meio ambiente e para a sociedade. Assim diz, “Art. 9º Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, **reutilização, reciclagem**, tratamento dos resíduos sólidos e **disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos**” (BRASIL, 2010, grifo nosso).

Neste sentido, a PNRS visa melhorar a recuperação (reutilização e reciclagem) dos RSU por meio da integração da logística reversa, de associações com o setor privado, do

desenvolvimento das cooperativas e dos incentivos aos catadores autônomos, como é possível verificar da inteligência do artigo 7º da lei:

São objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos: [...] II - não geração, redução, **reutilização, reciclagem** e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; III - estímulo à **adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços**; IV - **adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas** como forma de minimizar impactos ambientais; [...] VI - **incentivo à indústria da reciclagem**, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados; [...] XII - **integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis** nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; [...] XIV - incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial **voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos**, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético. (BRASIL, 2010, grifo nosso).

Os instrumentos para a realização dos objetivos da PNRS são vários, conforme previstos no artigo 8º da lei, dentre eles, estão os planos de resíduos sólidos, que são de responsabilidade da União, dos estados federativos e dos municípios suas respectivas elaborações. Os planos são requisitos legais obrigatórios para que os estados e municípios tenham acesso a recursos da União, incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomentos, destinados a empreendimentos e serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Foi estabelecido um prazo de 2 anos para os estados e municípios elaborarem seus respectivos planos de resíduos sólidos, porém, conforme levantamento da Controladoria-Geral da União (CGU) (2020) de dados apresentados pelo MMA, 43% dos municípios e cinco estados ainda não haviam elaborado seus planos de resíduos sólidos em 2019. Ainda segundo a CGU (2018, 2020), de 2010 até 2017 foram repassados montantes da ordem de 47 milhões de reais a estados, municípios e consórcios públicos com o objetivo de apoiar a elaboração dos planos estaduais, intermunicipais e municipais de resíduos sólidos, enquanto em 2019, foram aportados mais de 64 milhões de reais, para a elaboração de planos e melhorias gerais na gestão de resíduos sólidos nos municípios.

Portanto, se a PNRS define que os municípios devem buscar assegurar padrões de consumo e produção sustentáveis, através da recuperação (reutilização e reciclagem) dos RSU, e que o plano é requisito obrigatório para os municípios receberem financiamentos para tais fins, pergunta-se: dentre os municípios que elaboraram Planos Municipais de Resíduos Sólidos, houve um aumento na reciclagem e reutilização dos RSU? Outros fatores, como por exemplo, o aumento de gastos públicos no setor, o Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* do município,

o número de trabalhadores alocados para gestão de RSU, podem influenciar na recuperação dos RSU?

## 1.2 OBJETIVOS

Com estas considerações levantadas, o objetivo geral da pesquisa foi verificar se os PGIRS estão alinhados com os objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) na recuperação dos RSU nos municípios brasileiros e especificamente:

- Avaliar os efeitos dos PGIRS na recuperação dos RSU, isto é, verificar se os municípios que adotaram PGIRS recuperaram mais ou menos RSU que aqueles que não adotaram;

- Avaliar os efeitos de variáveis socioeconômicas na recuperação de RSU (variáveis como PIB *per capita*, montante de despesa destinada para saneamento público, quantidade de trabalhadores e número de investimentos para gestão de RSU).

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o intuito de regulamentar e direcionar as políticas gerais de resíduos sólidos, após 21 anos de trâmite no Congresso Nacional, eis que foi sancionada a Lei Federal 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS). O Brasil, por um longo período, criou uma lacuna na administração dos resíduos sólidos, por não possuir uma política pública ambiental para determinar ações e diretrizes de gerenciamento dos resíduos sólidos. As primeiras discussões sobre a PNRS se originaram no Senado Federal, com um Projeto de Lei do Senado Federal (PLS) n° 354, em 1989, com a participação de representantes de setores, como Confederações, Sindicatos, Associações, assim como representantes da sociedade (NETO, 2011).

Alguns dos objetivos da PNRS são: inserir o conceito de responsabilidade compartilhada, incentivar o desenvolvimento das cooperativas e a necessidade de participação de todos os elos da cadeia produtiva, assim como desenvolver no âmbito da administração pública, meios de utilização dos recursos ambientais no combate a todas as formas de desperdício e à minimização da geração de resíduos sólidos (NETO, 2011).

Mas, não foi só a administração pública que tomou frente na promoção da reciclagem. A iniciativa privada, segundo explica Bicca (2013), tomou parte no Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), que foi projetado em meados dos anos 1980 e início dos anos 1990, quando os riscos de desperdícios e uso em excesso de recursos naturais assombravam as ações ambientalistas.

No ano de 1992, antes da conferência Rio-92, essas empresas com visão futura sobre a reciclagem fundaram o CEMPRE, tendo como um dos objetivos, a promoção da atividade social e econômica, bem como, a construção de indicadores capazes de orientar e dar suporte as iniciativas do mercado que surgiam. Com a fundação do CEMPRE, foi também criada a pesquisa Ciclosoft realizada pelo mesmo, com objetivo de medir os índices da coleta seletiva, seus custos e a composição do lixo com o percentual dos diferentes materiais recicláveis (BICCA; VITOR NETO, 2013).

Godoy (2012) analisou a finalidade da lei que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil, a fim de definir procedimentos, normas e princípios para disciplinar sua gestão. Foi observado, segundo sua análise, que os setores de saneamento público e resíduos sólidos são deficitários, heterogêneos e com grandes contrastes regionais. A desorganização das

normas legais, bem como a inobservância dos prazos legais pelos diferentes entes federativos são apontamentos que o autor revela constituírem barreiras para a materialização da PNRS.

Marchi (2011), destacou o grande impacto negativo de não haver reciclagem adequada, para a saúde humana e para o meio ambiente. O autor observou como a reciclagem de RSU é importante para a limpeza urbana dos municípios, além de diminuir os riscos de saúde da população e a melhoria do meio ambiente. Destacou a necessidade de ampliar o espaço aos recicláveis, oferecendo suporte às associações de coletadores, para haver melhor distribuição da renda e conseqüentemente, ofertas de emprego.

Figueiredo (2011), em sua análise sobre o desenvolvimento da indústria da reciclagem dos materiais no Brasil, destacou como ela vem se desenvolvendo no Brasil desde o começo dos anos 1990 – o que explica a alta tecnologia na reciclagem de certos materiais. A estratégia de melhorar a tecnologia para a gestão de resíduos sólidos, tornou a atividade economicamente rentável, o que levou o autor a concluir que a reciclagem no Brasil busca satisfazer exclusivamente as demandas econômicas do setor. Sendo assim, a contribuição ambiental da reciclagem se tornou irrelevante, pois seu crescimento está condicionado as demandas de cadeia produtiva industrial. Embora se saiba que, indiretamente, essa contribuição é significativa para o meio ambiente.

Motta (2011), realizou um estudo sobre a importância das cooperativas de reciclagem na consolidação dos canais reversos de resíduos sólidos urbanos pós-consumo, identificando as contribuições das cooperativas de reciclagem. Demonstrou que houve aumento da vida útil dos aterros sanitários e, conseqüentemente, diminuição da poluição e da extração de matéria prima virgem e redução dos gastos de energia. Conclui que, embora exista o interesse de diminuir a quantidade excessiva de lixo, as cooperativas ainda coletam um volume muito pequeno de materiais recicláveis.

Souza (2012), por sua vez, analisou um projeto desenvolvido em Cruz das Almas (BA) nas escolas públicas municipais, chamado Projeto Utilixo, que teve como intuito mostrar às crianças, desde a infância, a importância da reciclagem e de se envolver em assuntos ambientais. Sua pesquisa, teve como objetivo esclarecer o conjunto de questões relacionadas aos resíduos sólidos, visando elaborar práticas de Educação Ambiental nas escolas. Ao final da pesquisa, observou-se que as crianças que participaram do projeto, mostraram-se sensibilizadas e dispostas a ajudarem a comunidade a fim de melhorar o meio ambiente. Concluiu-se assim que, um dos meios de a Educação Ambiental ser posta em prática, é ser colocada como ponto obrigatório nas redes de ensino públicas e particulares.

Alfaia, Campos e Costa (2017), apontam que a minimização dos impactos ambientais associados a geração, disposição e tratamento dos RSU é um desafio global, mas que o Brasil vem sofrendo mais com isso, uma vez que começou apenas recentemente a tratar dessas questões. Os autores pontuam que países mais desenvolvidos, como os EUA, já haviam legislado e implementado programas para gestão de RSU na década de 70, enquanto que aqui no Brasil a legislação principal veio só em 2010. Assim, muitos dos objetivos da PNRS não estão nem próximos de serem realizados. Sua pesquisa aponta que o país perde cerca de 2.5 bilhões de dólares anualmente por causa da destinação inapropriada dos RSU. Enquanto os municípios brasileiros investem cerca de 5 vezes menos em gestão de RSU comparado com cidades de outros países mais desenvolvidos. Por fim, os autores pontuam ainda que, além da mudança cultural de consciência geral da população em relação a geração e gestão dos RSU, os maiores desafios do Brasil estão em melhorar os planos de gestão de resíduos recicláveis; encerrar as atividades dos lixões à céu aberto; e investir em tecnologias para o tratamento dos resíduos orgânicos.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Trata-se de uma pesquisa quantitativa de natureza aplicada com objetivo descritivo de fatos observados (*ex-post-facto*) a partir de dados secundários. A fonte dos dados para a pesquisa foi o Diagnóstico Anual de Resíduos Sólidos do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS-RS) coordenado pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), e a pesquisa do Produto Interno Bruto dos Municípios (PIBs Municipais) levantado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em parceria com os Órgãos Estaduais de Estatística, as Secretarias Estaduais de Governo e a Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA).

O SNIS-RS coleta informações diretamente com as Prefeituras municipais, titulares dos serviços de limpeza urbana e manejo de RSU. São informações autodeclaradas por estes que vão desde a quantidade de massa residual coletada e recuperada às informações financeiras. Trata-se de uma pesquisa de natureza não obrigatória, portanto, nem todos os municípios brasileiros participam (MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL, 2020).

A pesquisa dos PIBs Municipais realizada pelo IBGE está integrada às séries das Contas Nacionais e das Contas Regionais do Brasil, em conformidade, portanto, com o novo manual *System of National Accounts* 2008 (SNA 2008), e com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE 2.0) (IBGE, 2021). Sendo que os dados da pesquisa realizada pelo IBGE são apresentados em forma de preços correntes, e para o intuito dessa pesquisa, os valores obtidos foram deflacionados para o período de 2010 usando o deflator implícito do PIB.

#### 3.2 DEFINIÇÃO DA AMOSTRA

A pesquisa teve como amostra 2.874 municípios brasileiros, observados ao longo de 9 anos (2010 a 2018), totalizando 10.299 observações. Nem todos os municípios aparecem em todos os anos, portanto, trata-se de uma pesquisa com dados em painel desbalanceado.

Na Tabela 1 é possível verificar a distribuição dos municípios amostrais por ano e grande região.

**Tabela 1** – Distribuição de municípios amostrais por grandes regiões e ano.

<b>Ano</b>	<b>Norte</b>	<b>Nordeste</b>	<b>Sudeste</b>	<b>Sul</b>	<b>Centro-Oeste</b>	<b>Total</b>
2010	21	135	370	342	45	913
2011	29	103	304	301	30	767
2012	34	127	374	361	63	959
2013	16	59	387	386	43	891
2014	24	68	430	423	60	1.005
2015	36	109	648	576	77	1.446
2016	27	82	613	552	73	1.347
2017	40	98	656	604	79	1.477
2018	49	105	644	604	92	1.494
<b>Total</b>	<b>276</b>	<b>886</b>	<b>4.426</b>	<b>4.149</b>	<b>562</b>	<b>10.299</b>

*Fonte: Dados da pesquisa, elaborada pelo autor.*

Não houve preocupação no processo de seleção amostral de que a seleção fosse representativa da população, isto é, do total dos municípios brasileiros, por motivos técnicos de disponibilidade de dados. Portanto, não é possível extrapolar os resultados amostrais da pesquisa para todos os municípios brasileiros.

### 3.3 TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

A seleção dos dados se deu pela: (1) disponibilidade das informações, uma vez que nem todos os municípios brasileiros participaram da pesquisa do SNIS-RS, principalmente nos primeiros anos da pesquisa – como é possível verificar na Tabela 1, existe um crescimento amostral ao longo dos anos –; (2) do cruzamento com as variáveis de interesse, afinal, uma vez que o SNIS-RS é um diagnóstico autodeclarado, nem todas as variáveis de interesse foram preenchidas pelos municípios, resultando em uma amostra menor do que aquela que poderia ter sido processada considerando o número total de municípios que responderam ao Diagnóstico do SNIS-RS. Nessa toada, considerando que a autodeclaração pelos municípios pode ser enviesada, afinal, existe a hipótese de que somente declararam os municípios que tinham algo para mostrar, enquanto que os que não tinham, talvez pudessem ter se omitido da declaração,

portanto, com essas considerações, reafirma-se que os resultados da pesquisa não podem ser extrapolados para população (conjunto de todos os municípios brasileiros).

### 3.4 TÉCNICAS DE PESQUISA E ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados na pesquisa foi realizada em dois momentos principais, em um primeiro momento foi utilizado estatística descritiva para caracterizar as variáveis de interesse, que são aquelas apresentadas no Quadro 1, e em um segundo momento o modelo de regressão com dados em painel. O processamento dos dados e testes da pesquisa foram realizados dentro do *software* estatístico-econométrico Stata<sup>®</sup>.

**Quadro 1** – Conjunto de variáveis de interesse selecionadas para o modelo por tipo.

Variável	Acrônimo
<b>Variável dependente</b>	
Quantitativa contínua – transformação logarítmica da razão de RSU recuperados em um ano pelo número de habitantes do município	l_recpc
<b>Variáveis independentes</b>	
<i>Variável independente que mede os efeitos da PGIRS</i>	
Qualitativa binária – apresenta valor 0 quando o município não tem PGIRS no ano, ou 1 quando o município tem PGIRS no ano observado	pgirs
<i>Variáveis independentes socioeconômicas</i>	
Quantitativa contínua – transformação logarítmica do PIB <i>per capita</i> (em R\$) municipal	l_pibpc
Quantitativa contínua – transformação logarítmica das despesas (em R\$) de saneamento público municipais	l_despsp
Quantitativa contínua – número de trabalhadores de gestão de RSU por mil habitantes	trab_hab
Quantitativa discreta – contagem (0, 1, 2 ... n) do número de investimentos em capital físico para gestão de RSU realizado no ano observado ou em anos anteriores	inv
<b>Variáveis de controle</b>	
Qualitativa binária – indica se o município faz parte de uma região metropolitana ou não. Assumo valor 0 quando não e 1 quando sim	met
Qualitativa binária – indica se o município faz parte da região Sul e Sudeste do país ou outras. Assume valor 0 quando não faz parte, e 1 quando faz	regiao
Qualitativa ordinal – apresenta valores crescentes lineares para cada ano (1, 2, 3 ... t), variável gerada que representa tendência temporal	tecnologia

Fonte: elaborada pelo autor.

A variável  $l\_recpc$  é uma variável logarítmica neperiana transformada por

$$l\_recpc_{it} = \log_e \left( \frac{rsrec_{it}}{pop_{it}} \right) \quad (1)$$

em que o termo  $rsrec$  representa o total de resíduos recuperados (reciclados e reutilizados) no município  $i$  no período  $t$ , e o termo  $pop$ , a população de um município  $i$  no período  $t$ . Portanto,  $l\_recpc$  é a transformação logarítmica da razão de resíduos recuperados (reciclados e reutilizados) por habitantes de uma cidade.

Em relação às demais variáveis, o termo  $pgirs$  é uma variável *dummy* (binária), que anuncia se o município tem ou não Plano Municipal de Resíduos Sólidos (PGIRS). Enquanto o termo  $l\_despsp$  é a uma variável logarítmica neperiana transformada por

$$l\_despsp_{it} = \log_e(despsp_{it}) \quad (2)$$

em que  $despsp$  é a despesa em reais despendida pelo município  $i$  no período  $t$  para saneamento público. A variável  $l\_pibpc$  é uma variável logarítmica neperiana transformada por

$$l\_pibpc_{it} = \log_e \left( \frac{PIB\ Municipal_{it}\ deflacionado}{Pop.\ Municipal_{it}} \right) \quad (3)$$

do PIB *per capita* deflacionado do município  $i$  no período  $t$ , em reais. A variável  $trab\_hab$  representa o número de trabalhadores de gestão de resíduos sólidos por mil habitantes no município  $i$  no ano  $t$  dado pela fórmula

$$trab\_hab_{it} = \frac{Trabalhadores_{it} \times 1000}{Pop.Municipal_{it}} \quad (4)$$

A variável  $inv$  é uma variável de contagem (0, 1, 2, ...n) com defasagem temporal para anos posteriores quando o município recebe um investimento específico do Governo Federal para compra de caminhões coletadores ou realização de obra para o aprimoramento da gestão de RSU. A *dummy met* anuncia se o município faz parte de uma metrópole ou não. O termo *regiao* é uma variável *dummy* que assume o valor 1 se o município faz parte da região Sul ou Sudeste do país e 0 se outra. Por fim, a variável linear *tecnologia* é uma variável *proxy* gerada

de tendência temporal que visa reproduzir o aumento de RSU gerados/recuperados esperado na medida que se passam os anos. Foi escolhido a variável de tendência temporal *tecnologia* no lugar de variáveis de ano *dummy*, uma vez que as variáveis *dummy* não foram estatisticamente significativas.

A escolha do conjunto de variáveis se deu no âmbito do objetivo da pesquisa de responder a sua questão principal: os municípios que adotaram o PGIRS recuperaram mais RSU do que aqueles que não adotaram? Para chegar à resposta dessa pergunta, foi considerado que outros fatores também devem influenciar a recuperação dos RSU, portanto, outras variáveis socioeconômicas e de controle deveriam ser incluídas no modelo. Dessa forma, foi incluída a variável representativa do PIB *per capita* (*l\_pibpc*), na hipótese de que o PIB per capita de um município tende a influenciar a qualidade ambiental do município, mais especificamente, tende a influenciar a recuperação de RSU do município. A variável *l\_despsp* foi outra variável socioeconômica incluída no modelo representativa do montante de despesa de saneamento público realizada pelo município, na hipótese de que quanto mais se gasta com saneamento público em um município, mais RSU serão recuperados. A variável *trab\_hab* foi incluída na hipótese de que quanto mais trabalhadores atuam na gestão de RSU, mais RSU o município tende a recuperar. A variável *inv* foi incluída na hipótese de que quanto mais investimento federal o município recebe para capital fixo para gestão de RSU, mais RSU serão recuperados. Por fim, as variáveis de controle *met*, *regiao* e *tecnologia* foram incluídas para controlar fatores específicos de uma região ou de tendências temporais, bem como avaliar seus impactos na recuperação de RSU.

**Tabela 2** – Testes específicos de adequação de modelo.

Teste	Modelos em avaliação	Resultado
(1) F de Chow	Efeitos Fixos x Mínimos Quadrados Ordinários Agrupados	F = 4,63 Prob > F = 0,0000
(2) Breusch-Pagan	Efeitos Aleatórios x Mínimos Quadrados Ordinários Agrupados	$\bar{X}^2 = 2440,40$ Prob > $\bar{X}^2 = 0,0000$
(3) Hausman	Efeitos Fixos x Efeitos Aleatórios	$X^2 = 411,89$ Prob > $X^2 = 0,0000$

Fonte: Dados da pesquisa, elaborada pelo autor.

Para adequação do modelo, foram realizados testes como o de Hausman, para definir se o método de estimação mais apropriado é o de Efeitos Fixos (EF) ou Efeitos Aleatórios (EA), bem como o teste de Breusch-Pagan, por Multiplicador de Lagrange, para definir se o método de estimação mais apropriado é o de EA ou Mínimos Quadrados Ordinários Agrupados

(MQOA), e por fim, um teste F de Chow para definir se o método mais apropriado de estimação é o de EF ou MQOA. A Tabela 2 apresenta os resultados dos testes.

Sem entrar em detalhes sobre as hipóteses nulas e alternativas dos testes realizados, visto que eles já são bastante reconhecidos na literatura, a interpretação comum dos resultados dos testes é: no teste F de Chow (1), visto que  $(Prob > F) < 0.05$ , rejeita-se a  $H_0$ , e o melhor método de estimação entre EF e MQOA seria por EF; em relação ao teste de Breusch-Pagan (2), visto que  $(Prob > \bar{X}^2) < 0.05$ , rejeita-se a  $H_0$ , e o melhor método de estimação entre EA e MQOA seria por EA; por fim, o teste de Hausman (3) define, entre os métodos de EF e EA, que o melhor método de estimação para o modelo é o de EF, visto que  $(Prob > X^2) < 0.05$  (WOOLDRIDGE, 2018).

Portanto, o método de EF seria o mais indicado para o modelo visto que os resultados dos testes (1) e (3) indicam que o melhor método de estimação para o modelo elaborado seria o de EF. Porém, conforme explica Wooldridge (2018), pelo método dos EF os dados são centrados na média por grupo (painel, ou nesse caso, município), trata-se de um estimador intragrupo que, por esse motivo, qualquer variável explicativa que seja constante ao longo do tempo para todo  $i$ , é removida pela transformação de EF. O que é um revés para o modelo pretendido, visto que existem variáveis de interesse constantes ao longo do tempo para cada município, como as variáveis *met* e *regiao*.

Para poder tirar proveito dos estimadores de EF, sem excluir as variáveis *met* e *regiao* do modelo, e também aproveitar a estimação dos efeitos entre grupos contextuais presentes em uma regressão de EA, existem métodos híbridos de estimação, também conhecidos como Modelos Híbridos (MH), Modelo de Efeitos Mistos (EM), Intra-e-Entre-Grupos de Efeitos Aleatórios (REWB), ou Efeitos Aleatórios Correlacionados (CRE), ou ainda Modelo de Mundlak (ALLISON, 2012; BELL; FAIRBROTHER; JONES, 2019; BELL; JONES, 2015; SCHUNCK, 2013; SCHUNCK; PERALES, 2017; WOOLDRIDGE, 2018).

Para esta pesquisa, foi adotado o Modelo Linear Generalizado (GLM) de Efeitos Mistos (EM) que, conforme Bell, Fairbrother e Jones (2019), apresenta as mesmas vantagens do modelo estimado por EF, empregando a mesma centragem na média para aferir seus parâmetros, porém, sem perder os efeitos contextuais tão importantes para uma análise mais profunda dos fenômenos socioeconômicos. O estimador também relaxa a hipótese dos EA de estrita exogeneidade das variáveis explicativas (WOOLDRIDGE, 2018). O modelo escolhido, portanto, apresenta a seguinte fórmula

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_{1W}(x_{it} - \bar{x}_i) + \beta_{2B}\bar{x}_i + \beta_3z_i + (\vartheta_i + \varepsilon_{it}) \quad (5)$$

em que  $y_{it}$  é a variável explicada (dependente),  $\beta_0$  o intercepto,  $\beta_{1W}$  o parâmetro de efeito intragrupo (*within* – centrado na média do município no período) da variável  $x_{it}$ ,  $\beta_{2B}$  o parâmetro de efeitos contextuais (*between* – entre diferentes municípios) da variável  $x_i$ ,  $\beta_3$  o parâmetro de efeitos da variável constante no tempo  $z_i$  – que por si é uma variável de efeitos contextuais –,  $\vartheta_i$  que são os efeitos aleatórios homogêneos para os municípios  $i$ , e por fim  $\varepsilon_{it}$  que são os resíduos dos efeitos fixos do modelo.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para que a suposição se mantenha de que o método dos EM seja o melhor método de estimação para o modelo, é necessário que  $\beta_{1W} \neq \beta_{2B}$ , isto é, o parâmetro que mede o efeito contextual da variável  $x_{it}$  deve ser estatisticamente diferente do parâmetro que mede o efeito intragrupo da mesma variável, do contrário, é mais eficiente calcular o parâmetro pelo método de EA. Portanto, testa-se a  $H_0$ , de que  $\beta_{1W} = \beta_{2B} = 0$ , para cada parâmetro das variáveis explicativas (SCHUNCK; PERALES, 2017). A Tabela 3 mostra o resultado dos testes.

**Tabela 3** – Teste de Hipótese de Efeitos Aleatórios.

<i>H<sub>0</sub></i>	<b>p-valor</b>
$\beta_{1W}pgirs = \beta_{2B}pgirs$	0,0000
$\beta_{1W}l\_desp\_sp = \beta_{2B}l\_desp\_sp$	0,0000
$\beta_{1W}l\_pibpc = \beta_{2B}l\_pibpc$	0,2910
$\beta_{1W}trab\_hab = \beta_{2B}trab\_hab$	0,0247
$\beta_{1W}inv = \beta_{2B}inv$	0,0000
$\beta_{1W}tecnologia = \beta_{2B}tecnologia$	0,0000

*Fonte: Dados da pesquisa, elaborada pelo autor.*

As variáveis *met* e *regiao* não aparecem no teste porque como são variáveis constantes no tempo (dentro do período de análise) para cada município *i*, o método de estimação eficiente é o de EA. O teste da variável *l\_pibpc* foi o único que falhou em rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ) de que seus parâmetros  $\beta_{1W}$  e  $\beta_{2B}$  não são estatisticamente diferentes um do outro ( $p\text{-valor} > 0,05$ ), portanto, neste caso, para esta variável, sua estimação será feita por EA, isto é, uma média ponderada da variação dos parâmetros  $\beta_{1W}$  e  $\beta_{2B}$ , uma vez que o método de estimação por EA é não enviesado e eficiente neste caso (SCHUNCK; PERALES, 2017).

Uma hipótese para que os coeficientes  $\beta_{1W}$  e  $\beta_{2B}$  da variável *l\_pibpc* tenham falhado em rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ), é porque o efeito do dinheiro é esperado que seja equivalente independente da região observada dentro da amostra. Um exemplo elucidativo é que, o efeito do aumento de 1 unidade monetária no município X, deve ter supostamente o mesmo impacto se aumentado na mesma medida no município Y. Esse exemplo ficará mais claro com o cálculo e a interpretação dos coeficientes ao final desta seção.

A Tabela 4 apresenta algumas estatísticas descritivas das variáveis do modelo. Sendo importante ressaltar que foi utilizada a forma não-logarítmica das variáveis, para que fosse possível analisar sua dinâmica.

**Tabela 4** – Estatística Descritiva das variáveis do modelo.

Variável	Média	Desvio-Padrão	Mín	Máx
<i>recpc</i>	0,0148	0,0225	1,15e-06	0,518
<i>pgirs</i>	0,449	0,497	0	1
<i>despsp</i>	6.545.653	4.50e+07	113	1.464.041.984
<i>pibpc</i>	18.880	14.872	2.368	212.280
<i>trab_hab</i>	2,445	1,733	0	22,86
<i>inv</i>	0,038	0,191	0	1
<i>met</i>	0,365	0,482	0	1
<i>regiao</i>	0,833	0,373	0	1
<i>tecnologia</i>	8,562	2,551	4	12

Fonte: Dados da pesquisa, elaborada pelo autor.

O valor máximo de RSU recuperados por habitante por ano (0,5 toneladas de RSU por habitante) apresentado na Tabela 4, demonstra uma tendência de alta recuperação de RSU por habitante observada em municípios de pequeno porte. É razoável esperar que a relação de RSU recuperados por ano por habitante, seja alta em municípios com poucos habitantes (<5000). Porém, como os dados foram obtidos por pesquisa autodeclarada pelos municípios (SNIS-RS), não é possível verificar a veracidade das informações. Contudo, considerando o tamanho da amostra e das observações, possíveis *outliers*, ou seja, dados talvez inexatos ou falsos, tendem a perder o efeito nos resultados da pesquisa quando as observações crescem (FÁVERO, BELFIORE, *et al.*, 2014).

A média da variável *pgirs* apresentado na Tabela 4, por ser uma variável binária, representa a proporção da amostra entre o grupo controle e o grupo tratamento, isto é, entre o grupo dos municípios que não tinham PGIRS em um período (controle), e aqueles que tinham (tratamento). Dessa forma, existe uma distribuição entre os dois grupos bastante equilibrada, neste caso, de cerca de 45% das observações estão no grupo tratamento e 55% no grupo controle, como pode ser confirmado também na Tabela 5. A terminologia ‘grupo de tratamento’ e ‘grupo de controle’ é adotada na pesquisa por comodidade, uma vez que não representa um estado de experimento científico, mas deve facilitar a compreensão do texto.

Na Tabela 4, a média da variável *regiao*, demonstra que os municípios da amostra se localizam majoritariamente na região Sul e Sudeste, com 83% das observações. A média das outras variáveis binárias *inv* e *met* também representam, se multiplicadas por 100, o percentual

de observações que receberam investimentos para capital físico em determinado ano do grupo amostral (4%), e o percentual das observações que foram de municípios em regiões metropolitanas (36%).

A Tabela 5, apresenta a distribuição de observações do grupo de controle e tratamento para a principal variável do modelo que buscar responder à questão principal da pesquisa: se os municípios que adotaram os Planos de Resíduos Sólidos (PGIRS) recuperaram ou não mais RSU do que aqueles que não adotaram.

**Tabela 5** – Distribuição dos grupos Controle e Tratamento por ano.

Ano	PGIRS		Total
	Controle (0)	Tratamento (1)	
2010	913	0	913
2011	767	0	767
2012	959	0	959
2013	471	420	891
2014	568	437	1.005
2015	647	799	1.446
2016	607	740	1.347
2017	354	1.123	1.477
2018	384	1.110	1.494
<b>Total</b>	<b>5.670</b>	<b>4.629</b>	<b>10.299</b>

*Fonte: Dados da pesquisa, elaborada pelo autor.*

É possível verificar pelos dados apresentados na Tabela 5 que nos 3 primeiros anos observados não existem amostras do grupo tratamento, isto ocorre porque a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi implantada em 2010, e os municípios teriam, os dois próximos anos, 2011 e 2012, para elaborar seus respectivos PGIRS. Portanto, é só a partir de 2013 que os municípios aderiram efetivamente e formalmente, aos Planos de Resíduos Sólidos nos moldes da PNRS.

É possível observar pelos dados da Tabela 5, a crescente adoção dos PGIRS ao longo do tempo, sendo que no último ano observado (2018), os municípios ultrapassaram os que não tinham o PGIRS, por 726 observações dentro do grupo amostral ( $1.110 - 384 = 726$ ), o que representa 74% dos municípios observados nesse ano.

Para prosseguir para os resultados e verificar se houve ou não efeito positivo dos PGIRS sobre a recuperação dos RSU, primeiro é preciso verificar se os pressupostos estatísticos básicos do modelo foram atendidos, à saber, se não existe multicolineariedade entre as variáveis explicativas, isto é, uma relação linear exata ou aproximadamente exata entre elas. Verificar se a variância do erro  $\varepsilon_{it}$  é constante, isto é, que o modelo não apresenta problemas de

heteroscedasticidade. Por fim, é preciso verificar se o modelo não sofre com problema de autocorrelação, ou seja, que o termo dos efeitos não observados  $\varepsilon_{it}$ , não apresenta correlação entre si ao longo do tempo (WOOLDRIDGE, 2018).

Primeiramente foi realizado um teste de correlação entre todas as variáveis do modelo para verificar se não estava presente o problema da multicolineariedade no modelo. Os resultados aparecem na Tabela 6.

**Tabela 6** – Matriz de Correlação entre as variáveis do modelo com significância estatística.

	<i>lrecpc</i>	<i>pgirs</i>	<i>ldespsp</i>	<i>lpibpc</i>	<i>trabhab</i>	<i>inv</i>	<i>met</i>	<i>regiao</i>	<i>tec.</i>
<i>lrecpc</i>	1,0000								
<i>pgirs</i>	0,2336 (0,0000)	1,0000							
<i>ldespsp</i>	-0,1355 (0,0000)	0,0293 (0,0029)	1,0000						
<i>lpibpc</i>	0,2121 (0,0000)	0,1593 (0,0000)	0,3155 (0,0000)	1,0000					
<i>trabhab</i>	0,1039 (0,0000)	-0,0809 (0,0000)	-0,2208 (0,0000)	-0,0798 (0,0000)	1,0000				
<i>inv</i>	0,0624 (0,0000)	0,1111 (0,0000)	0,1964 (0,0000)	0,0899 (0,0000)	-0,0650 (0,0000)	1,0000			
<i>met</i>	-0,0238 (0,0072)	0,0516 (0,0000)	0,2838 (0,0000)	0,2210 (0,0000)	-0,1771 (0,0000)	0,1202 (0,0000)	1,000		
<i>regiao</i>	0,2828 (0,0000)	0,0653 (0,0000)	-0,1471 (0,0000)	0,2656 (0,0000)	-0,0585 (0,0000)	0,0189 (0,0555)	0,0771 (0,0000)	1,000	
<i>tecnologia</i>	0,2932 (0,0000)	0,5408 (0,0000)	0,0175 (0,0758)	0,0572 (0,0000)	-0,0340 (0,0000)	0,0966 (0,0000)	-0,0189 (0,0550)	0,0615 (0,0000)	1,000

Fonte: Dados da pesquisa, elaborada pelo autor.

Os valores fora de parênteses na Tabela 6 representam os valores de correlação entre as variáveis cruzadas, enquanto, entre parênteses, é apresentado o valor de significância estatística dessa correlação. Um valor acima de 0,05 em significância estatística demonstra que não existe correlação estatisticamente significativa entre as variáveis. Da observação da Tabela 6 é possível verificar que houve apenas três situações que não apresentaram correlação estatisticamente significativas entre as variáveis cruzadas, no caso, as correlações entre as variáveis *inv* e *regiao*, *met* e *tecnologia*, e *lpibpc* e *tecnologia*. O primeiro caso é esperado que não exista uma correlação estatisticamente significativa entre investimento e região, uma vez que os investimentos federais devem ser distribuídos entre todos os estados brasileiros sem preferências, ou ao menos, é isso que se espera. No segundo caso, a correlação entre as variáveis *met* e *tecnologia* também é esperado que não seja estatisticamente significativa, uma vez que definir se um município se encontrar ou não dentro de uma região metropolitana pouco tem a

ver com a variável de tendência temporal linear dentro de um curto de tempo, como foi o observado (2010 a 2018), considerando ainda que provavelmente nenhum município dentro do período observado deve ter alterado sua característica de estar ou não dentro de uma região metropolitana dentro do período de análise. No último caso, a correlação entre as variáveis *lpibpc* e *tecnologia* demonstra que não houve uma correlação estatisticamente significativa, no PIB *per capita* à preços reais com o passar do tempo, dentro do período de análise.

A correlação mais forte apresentada na matriz da Tabela 6, foi entre as variáveis *pgirs* e *tecnologia*, como era de se esperar, uma vez que a variável linear de tendência temporal deve ter relação positiva com a tendência temporal observada de que mais municípios adotam PGIRSs ao longo do tempo. Essa interpretação pode ser confirmada pelas informações vistas na Tabela 5: uma tendência cada vez maior de adoção de PGIRS pelos municípios.

Todas as demais correlações apresentadas na Tabela 6, apresentaram baixo grau de correlação, isto é, estão entre 0,5 e -0,5, considerando que os valores máximos de uma correlação são 1 ou -1, indicando que possivelmente não existe também problema de multicolineariedade, uma vez que não existe correlação exata ou quase exata entre as variáveis explicativas.

Um teste mais robusto foi realizado para ter maior confiança na hipótese de que as variáveis explicativas do modelo não sofrem de multicolineariedade. O teste estatístico VIF (fator de inflação de variância) é bastante utilizado na literatura, segundo Gujarati (2011), um VIF acima de 10 é indicativo de multicolineariedade, porém, Fávero *et al.* (2009), sendo ainda mais rigorosos, argumentam que um VIF acima de 5 também pode causar problemas de multicolineariedade. A Tabela 7 apresenta os resultados do teste VIF para as variáveis explicativas.

**Tabela 7** – Fator de Inflação de Variância (VIF) das variáveis explicativas.

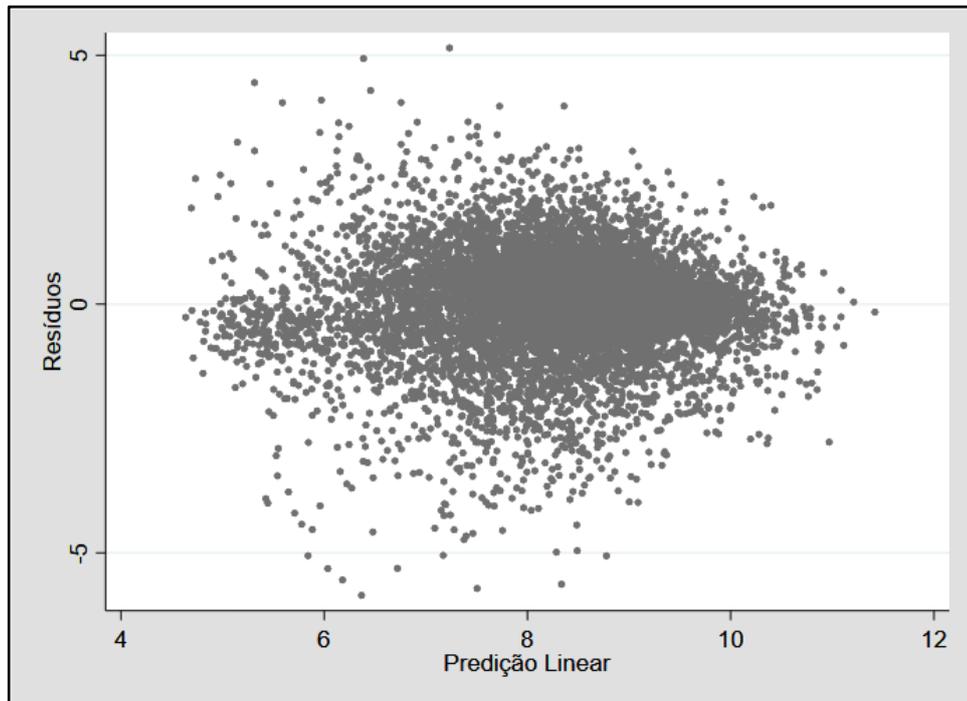
<b>Variável</b>	<b>VIF</b>	<b>1/VIF</b>
<i>pgirs</i>	1,460	0,683
<i>ldespsp</i>	1,350	0,742
<i>lpibpc</i>	1,290	0,772
<i>trab_hab</i>	1,080	0,925
<i>inv</i>	1,060	0,943
<i>met</i>	1,140	0,876
<i>regiao</i>	1,170	0,855
<i>tecnologia</i>	1,420	0,702
<b>VIF Médio</b>	<b>1,250</b>	

Fonte: Dados da pesquisa, elaborada pelo autor.

Como foi possível observar dos resultados apresentados na Tabela 7, todas as variáveis explicativas apresentam VIF menores que 5, sendo o VIF médio do modelo de 1,250. Portanto, não foi observado problemas de multicolineariedade no modelo.

Para verificar se o modelo sofre de heteroscedasticidade, primeiramente foi analisado a dispersão dos resíduos  $\varepsilon_{it}$  do modelo por análise visual gráfica. A Figura 1 apresenta o gráfico de análise que foi gerado dentro do programa Stata® com os resíduos  $\varepsilon_{it}$  do modelo.

**Figura 1** – Gráfico de dispersão dos resíduos  $\varepsilon_{it}$  no modelo de EM.



*Fonte: elaborada pelo autor.*

Na análise visual do gráfico da Figura I é possível verificar a presença de heteroscedasticidade, uma vez que a dispersão dos resíduos não atende uma distribuição normal contra a predição linear. O teste estatístico de Shapiro-Francia foi realizado com a variável gerada a partir dos resíduos da regressão para verificar se estatisticamente a distribuição atende o pressuposto de normalidade. A Tabela 8 mostra o resultado do teste.

**Tabela 8** – Teste de Shapiro-Francia  $W'$  para normalidade dos dados.

Variável	$W'$	$V'$	$z$	Prob > $z$
Resíduos ( $\varepsilon_{it}$ )	0,94372	322,771	15,287	0,00001

*Fonte: Dados da pesquisa, elaborada pelo autor.*

Considerando que o resultado do teste foi de  $(P > z) < 0,05$ , rejeita-se a  $H_0$  de que os dados atendem uma distribuição normal. Portanto, foi estatisticamente detectado no modelo, problemas de heteroscedasticidade (FÁVERO, BELFIORE, *et al.*, 2014; WOOLDRIDGE, 2018).

Para verificar se havia no modelo problemas de autocorrelação, foi realizado um teste de Multiplicador de Lagrange (LM) de Inoue e Solo (2006), que é indicado em casos de dados em painel desbalanceado com lacuna entre os dados, e quando o número de observações (N) é substancialmente maior que o número de períodos observados (T), como é o caso do modelo em questão (BORN; BREITUNG, 2015; INOUE; SOLON, 2006; JOCHMANS; VERARDI, 2019; WURSTEN, 2018). O resultado do teste é apresentado na Tabela 9.

**Tabela 9** – Teste LM de Inoue-Solo de autocorrelação na variável residual  $\varepsilon_{it}$ .

Variável	Estatística Inoue-Solo	p-valor
Resíduos ( $\varepsilon_{it}$ )	818,78	0,0000

Fonte: elaborado pelo autor.

O teste de LM de Inoue-Solo, indicou que existe problema de autocorrelação no modelo, uma vez que apresentou um p-valor de 0,000 estatisticamente significativo, rejeitando a  $H_0$  de que não há autocorrelação no modelo (INOUE; SOLON, 2006; JOCHMANS; VERARDI, 2019).

Para lidar com o problema da heteroscedasticidade e da autocorrelação dos resíduos  $\varepsilon_{it}$ , foram calculados erros-padrão robustos por clusterização junto à regressão do modelo (HOECHLE, 2007; WOOLDRIDGE, 2018).

Com as correções feitas e o modelo ajustado, os resultados da pesquisa foram calculados e estão apresentados na Tabela 10. Importante notar que foram calculadas inclinações aleatórias para as variáveis *pgirs* e *trab\_hab*, isto é, deixou-se que as inclinações mudassem para cada município. Esse ajuste foi feito sob a hipótese de que os PGIRS não são elaborados igualmente entre os municípios, uma vez que os PGIRS são elaborados para atender as características específicas do município e dessa forma, devem afetar a variável dependente de forma diferente. Assim como no caso da variável *trab\_hab*, é de se esperar que a produtividade dos trabalhadores também não seja homogênea entre os municípios. Os resultados com a inclusão das inclinações aleatórias para as duas variáveis se mostraram mais ajustados ao modelo após testes de razão de verossimilhança (ALLISON, 2005; HEISIG; SCHAEFFER, 2019; SCHUNCK; PERALES, 2017).

**Tabela 10** – Resultados da regressão por Efeitos Mistos (EM) de Modelo Linear Generalizado (GLM) em Dados em Painel contra a variável dependente  $l\_recpc$ .

Variável Explicativa	Coeficiente	Erro Padrão	z	P >  z	Intervalo de Confiança (95%)	
					Inferior	Superior
<sup>(W)</sup> <i>pgirs</i>	0,1729	0,0500	3,46	0,001	0,0749	0,2709
<sup>(W)</sup> <i>l_despsp</i>	0,1240	0,0420	2,95	0,003	0,0417	0,2063
<sup>(W)</sup> <i>inv</i>	-0,1469	0,0576	-2,55	0,011	-0,2599	-0,0340
<sup>(W)</sup> <i>tecnologia</i>	0,1287	0,0104	12,34	0,000	0,1083	0,1491
<sup>(W)</sup> <i>trab_hab</i>	0,0649	0,0237	2,74	0,006	0,0185	0,1113
<sup>(B)</sup> <i>pgirs</i>	0,5955	0,0844	7,06	0,000	0,4302	0,7608
<sup>(B)</sup> <i>l_despsp</i>	-0,1747	0,0187	-9,34	0,000	-0,2114	-0,1380
<sup>(B)</sup> <i>inv</i>	0,2467	0,0481	5,13	0,000	0,1524	0,3410
<sup>(B)</sup> <i>tecnologia</i>	0,3422	0,0176	19,47	0,000	0,3078	0,3767
<sup>(B)</sup> <i>trab_hab</i>	0,1334	0,0176	7,59	0,000	0,0989	0,1678
<sup>(R)</sup> <i>l_pibpc</i>	0,5491	0,0494	11,11	0,000	0,4523	0,6461
<sup>(R)</sup> <i>met</i>	-0,0215	0,0613	-0,35	0,725	-0,1468	0,0986
<sup>(R)</sup> <i>regiao</i>	0,9447	0,0759	12,44	0,000	0,7959	1,0935
Constante $\beta_0$	1,0027	0,4548	2,20	0,027	0,1112	1,8941
Var. <sup>1 (W)</sup> <i>pgirs</i>	1,0738	0,1448			0,8245	1,3986
Var. <sup>(W)</sup> <i>trab_hab</i>	0,0094	0,0051			0,0032	0,0272

Fonte: Dados da pesquisa, elaborada pelo autor.

Notas:

(W) indica se o efeito do parâmetro calculado é intragrupo (Within), que corresponde ao coeficiente  $\beta_{1W}$  da Equação (5), centrado na média do painel.

(R) indica que o coeficiente foi calculado pelo método de Efeitos Aleatórios (Random), porque era o mais eficiente ou porque não era possível dividi-lo em (W) e (B) porque a variável é constante no tempo. Corresponde a  $\beta_3$  da Equação (5).

(B) representa o efeito contextual (Between) da variável explicativa, calculado como  $\beta_{1B}$  da Equação (5).

<sup>1</sup>Variância dos coeficientes (W) calculados com inclinações aleatórias.

Os coeficientes calculados, bem como o erro padrão, a estatística z e os intervalos de confiança estão apresentados na Tabela 10. Sendo importante notar que não foi apresentado a estatística  $R^2$  usual visto as dificuldades e empecilhos encontrados para o seu cálculo em modelos de efeitos mistos (NAKAGAWA; SCHIELZETH, 2013).

A coluna de probabilidade de z ( $Prob > |z|$ ) da Tabela 10, demonstra que apenas a variável (R) *met* não foi estatisticamente significativa em qualquer nível de significância (10%, 5% ou 1%), isto é, ( $P > |z|$ ) < 0,10. Enquanto a variável (W) *inv* não foi estatisticamente significativa ao nível de 1%, visto que ( $P > |z|$ ) < 0,01. Dessa forma, todas as demais variáveis foram estatisticamente significantes a um nível de 99% de confiança.

Dessa forma, é possível afirmar com 99% de confiança que os Planos de Resíduos Sólidos ((W) *pgirs*) estão associados a um aumento de, em média, 17,3% na recuperação dos

RSU por habitante de um município amostral, tudo mais constante. A hipótese levantada anteriormente de que o coeficiente (W) da variável *pgirs* devesse ter inclinações aleatórias para cada município por conta das diferenças específicas de cada PGIRS elaborada nos municípios, parece se manter, uma vez que a variância do parâmetro (W), apresentado ao final da Tabela 10, foi de 1,0738, demonstrando que existe variação substancial em como cada PGIRS foi elaborado e seus efeitos na variável dependente.

A interpretação dos parâmetros contextuais (B) das variáveis – ou na forma da Equação (5),  $\beta_{2B}$  –, pode ser confuso, conforme já foi apontado por outros autores (i.e Allison (2012), Bell, Fairbrother e Jones (2019) Bell e Jones (2015), Schunk (2013) e Schunk e Perales (2017)). Ocorre que, uma vez violada a premissa de efeitos aleatórios (ver Tabela 3), o parâmetro contextual (B) das variáveis, é enviesado, podendo representar efeitos não observados heterogêneos ao modelo. Dessa forma, os parâmetros (B) das variáveis, não serão aqui interpretados. Contudo, optou-se por manter suas estimações na Tabela 10, uma vez que podem ser de relevância para futuras pesquisas.

Em relação aos demais parâmetros (W) e (R), é possível seguir com a usual interpretação: com 99% de confiança, um aumento de 10% nas despesas destinadas ao saneamento público ((W) *l\_despsp*) de um município amostral, está associado a um aumento de 1,2% na recuperação dos RSU por habitante, tudo mais constante.

Um aumento de 1 unidade no número de investimentos de um município em caminhões coletores ou estruturas para gestão de resíduos sólidos pelo município amostral ((W) *inv*), está associado, com 95% de confiança, a uma redução na taxa de recuperação dos RSU por habitante de – 14,7%, tudo mais constante. Possivelmente, essa associação se dá dessa forma porque os investimentos observados na amostragem, normalmente, se destinam à compra de caminhões para coleta normal (não seletiva) de RSU, ou para outras obras que não necessariamente visam melhorar a estrutura para recuperação de RSU.

O coeficiente (W) da variável linear *proxy, tecnologia*, gerada pelo autor para simular o efeito de tendência temporal, demonstra com 99% de confiança, que existe uma associação entre o passar de 1 ano e um aumento de 12,9% na recuperação de RSU por habitante nos municípios amostrais, tudo mais constante.

Em relação ao último coeficiente (W) calculado, relativo à variável *trab\_hab*, indica com 99% de confiança que um aumento de 1 trabalhador por mil habitantes para gestão de RSU em um município amostral, está associado a um aumento de 6,5% na recuperação de RSU por habitante, tudo mais constante. Vale observar que o coeficiente da variável *trab\_hab* também foi calculado com inclinações aleatórias sob a hipótese de que a produtividade dos trabalhadores

nos diferentes municípios é diferente. A hipótese parece se manter, mas não em grandes proporções, como foi observado no caso dos PGIRS, uma vez que a variância do coeficiente (W) da variável *trab\_hab* foi muito menor, apenas 0,0094, conforme apresentado ao final da Tabela 10.

Os demais coeficientes representados na Tabela 10 pela letra (R), foram calculados por Efeitos Aleatórios (*Random*), seja porque a premissa da Tabela 3 se manteve, isto é, não existia diferença sistemática significativa entre os parâmetros (W) e (B) da variável – como foi o caso da variável *l\_pibpc* –, ou porque se tratava de variável constante no tempo dentro do período observado – como é o caso das variáveis de controle *met* e *regiao*.

Em relação a variável *l\_pibpc*, o coeficiente (R) da Tabela 10, mostra que na média, com 99% de confiança, um aumento em 10% do PIB *per capita* de um município para outro, ou de um período de 1 ano para outro, está associado com um aumento de 5,5% na recuperação de RSU por habitante nos municípios amostrais, tudo mais constante. Esse parâmetro apresenta essa interpretação não usual, porque (R) explica o efeito intragrupo (*Within*), isto é, de um período (ano) para outro, ao mesmo tempo que explica o efeito entre grupos (*Between*), ou seja, de um painel (município) para outro. Portanto, é possível afirmar que o efeito de um aumento no PIB *per capita* na recuperação de RSU por habitante, é estatisticamente consistente entre diferentes municípios, ou de um ano para outro no mesmo município, existindo, portanto, uma homogeneidade no efeito de *l\_pibpc* em *l\_recpc*, entre municípios e ao longo do tempo, que pode ser explicado, como dito anteriormente, por uma certa homogeneidade do efeito do dinheiro.

Em relação as variáveis de controle constantes no tempo, *met* e *regiao*, como observado anteriormente, *met* não foi estatisticamente significativa em nenhum nível de significância relevante (10%, 5% ou 1%) visto que  $(P > |z|) > 0,10$ . Dessa forma, somente o parâmetro (R) da variável *regiao* da Tabela 10 foi interpretado, que informa que, com 99% de confiança, um município amostral localizado nas regiões Sul ou Sudeste do país estão associados à uma recuperação de RSU por habitante maior em cerca de 94,5%, tudo mais constante.

Vale observar que os parâmetros (R) das variáveis constantes no tempo *met* e *regiao*, e da variável *l\_pibpc*, são calculados da mesma forma, isto é, por EA. Porém, as interpretações dos coeficientes são diferentes porque as variáveis constantes no tempo *met* e *regiao*, não variam no tempo, portanto, não existe efeito intragrupo (*within*), somente é observado a diferença entre um município e outro (*between*), enquanto para a variável *l\_pibpc*, existe

variância dentro de um mesmo município durante o tempo (*within*) e entre diferentes municípios (*between*).

## 5 CONCLUSÃO

Segundo o estudo realizado, foi possível observar que os PGIRS apresentam efeitos positivos sobre a recuperação de RSU por habitante de um município amostral. Sendo constatado também que existe diferença no grau em como esses PGIRS afetam a recuperação dos RSU nos diferentes municípios. A hipótese é que os PGIRS não são elaborados homogeneamente entre os municípios, uma vez que atendem características específicas de cada município, e, por isso, devam afetar de forma consideravelmente desigual a recuperação de RSU nos diferentes municípios.

As demais variáveis socioeconômicas que representaram o PIB *per capita*, as despesas em saneamento público e número de trabalhadores de gestão de RSU, apresentaram também efeitos positivos na recuperação de RSU por habitantes nos municípios amostrais, com exceção da variável de investimentos em capital fixo. Isto pode ser explicado porque, como observado pelo autor, a grande maioria dos investimentos federais nos municípios eram destinados para compras de caminhões coletores não destinados especificamente à coleta seletiva, ou eram investimentos em infraestruturas físicas que não necessariamente contribuem para a recuperação dos RSU.

Em relação às variáveis de controle que representavam se o município observado estava em uma região metropolitana, ou se fazia parte das regiões Sul e Sudeste do país, foi avaliado que apenas a variável representativa das grandes regiões teve efeito estatisticamente significativo na recuperação de RSU, demonstrando que existe uma associação entre os municípios localizados nas regiões Sul e Sudeste do país e uma recuperação de 94,5% a mais do que naqueles que não estão localizados nessas regiões.

A variável *proxy* gerada para o modelo que representava os efeitos de tendência temporal, demonstrou que existe um crescimento na recuperação dos RSU pelos municípios no período observado dado por efeitos externos, corroborando com a interpretação de que a tendência é que os municípios recuperem cada vez mais RSU. Talvez o efeito foi causado por um amadurecimento geral da população em relação a educação ambiental, mas não é possível afirmar nesse sentido.

Dessa forma, foram observados diferentes impactos de diferentes intervenções nos municípios brasileiros, notadamente que os PGIRS servem ao propósito instituído pela PNRS na busca do desenvolvimento sustentável. Assim, como outros fatores também apresentaram efeitos positivos na recuperação dos RSU, externalizando uma interdependência das diferentes

intervenções para se alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) no Brasil. Portanto, para que o país chegue mais perto de alcançar os ODS, é imperativo que o poder público busque cumprir os prazos legais, atender as demandas da lei, assim como planejar as ações de forma holística.

Apesar da extensão do trabalho, não foram exauridas todas as possíveis análises sobre os fatos observados. Assim, a pesquisa apresentou limites, como por exemplo, os resultados aqui expostos não podem ser extrapolados para o conjunto de todos os municípios brasileiros. Para futuras pesquisas, é possível que se busque contemplar essa lacuna, ou, em outros sentidos, que se busque realizar, por exemplo, análises de custo-benefício dos PGIRS, visto os montantes destinados dos cofres públicos para suas elaborações, bem como, a análise de custo-benefício de outras intervenções e investimentos destinados a recuperação dos RSU no país.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020. **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE**, p. 51, 2020.

AGÊNCIA BRASIL. **Site da Agência Brasil EBC**, 2018. Disponível em:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/acervo/geral/audio/2018-07/ibge-54-dos-municipios-brasileiros-nao-tem-plano-de-descarte-de-residuos/> . Acesso em: 15 set. 2021.

\_\_\_\_\_. Cai número de municípios que enviam resíduos a lixões, diz associação. **Site da Agência Brasil EBC**, 2020. Disponível em:

<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2020-12/cai-numero-de-municipios-que-enviam-residuos-lixoes-diz-associacao> . Acesso em: 12 set. 2021.

ALFAIA, R. G. DE S. M.; COSTA, A. M.; CAMPOS, J. C. Municipal solid waste in Brazil: A review. **Waste Management and Research**, v. 35, n. 12, p. 1195–1209, 2017.

ALLISON, Paul D. **Fixed Effects Regression Methods for Longitudinal Data Using SAS®**. [S. l.: s. n.], 2005.

\_\_\_\_\_. **Fixed Effects Regression Models**. [S. l.]: SAGE Publications, Inc., 2012.

Disponível em: <https://doi.org/10.4135/9781412993869>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS E EFLUENTES. Atlas da Destinação Final de Resíduos – Brasil 2020. **Site da ABETRE**, 2021.

Disponível em: <https://abetre.org.br/atlas-da-destinacao-final-de-residuos-brasil-2020/> .

Acesso em: 12 set. 2021.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS CATADORES E CATADORAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS. **Anuário da Reciclagem 2017-2018**, 2019. [s.l.].

\_\_\_\_\_. **Anuário da Reciclagem 2020**, 2021. [s.l.].

BRASIL. LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Insitui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Site do Planalto**, 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm) . Acesso em: 15 set. 2021.

\_\_\_\_\_. LEI Nº 14.026, DE 15 DE JULHO DE 2020. **Site do Planalto**, 2020. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm#](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm#)>. Acesso em: 19 set. 2021.

BELL, Andrew; FAIRBROTHER, Malcolm; JONES, Kelvyn. Fixed and random effects models: making an informed choice. **Quality and Quantity**, [s. l.], v. 53, n. 2, p. 1051–1074, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S11135-018-0802-X/FIGURES/2>. Acesso em: 8 nov. 2021.

BELL, Andrew; JONES, Kelvyn. Explaining Fixed Effects: Random Effects Modeling of Time-Series Cross-Sectional and Panel Data\*. **Political Science Research and Methods**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 133–153, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/psrm.2014.7>. Acesso em: 16 nov. 2021.

BICCA, Vitor Neto (Org.). **Cempre Review**. 2013. Disponível em: <<http://cempre.org.br/download.php?arq=b18xOTVhNmJvOHExNHnkazZsMW42bzFzdTFxMGxhLnBkZg==>>. Acessado em 15 de maio de 2021.

BORN, Benjamin; BREITUNG, Jörg. Testing for Serial Correlation in Fixed-Effects Panel Data Models. <https://doi-org.ez50.periodicos.capes.gov.br/10.1080/07474938.2014.976524>, [s. l.], v. 35, n. 7, p. 1290–1316, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/07474938.2014.976524>. Acesso em: 12 nov. 2021.

CONTROLADORIA-GERAL DA UNIÃO. **Relatório de Avaliação por Área de Gestão Nº 9 Resíduos Sólidos**, 2018. Brasília. Disponível em: <https://auditoria.cgu.gov.br/download/9805.pdf> . Acesso em: 03 out. 2021.

\_\_\_\_\_. **Relatório de Avaliação - Secretaria Executiva - Ministério do Meio Ambiente Exercício 2019**, 2020. Brasília. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/acao-a-informacao/transparencia-e-prestacao-de-contas/exercicio-2019/relatorio-de-avaliacao-cgu-2019.pdf>. Acesso em: 19 set. 2021.

CUDJOE, D. et al. The potential energy and environmental benefits of global recyclable resources. **Science of the Total Environment**, v. 798, p. 149258, 2021.

DOLAR, D.; KOŠUTIĆ, K.; STRMECKY, T. Hybrid processes for treatment of landfill leachate: Coagulation/UF/NF-RO and adsorption/UF/NF-RO. **Separation and Purification Technology**, v. 168, p. 39–46, 2016.

GARBACCIO, G. L.; KROLIK, C.; MARTINS DE ARAÚJO, L. Desenvolvimento sustentável: políticas públicas de resíduos sólidos no Brasil. **Revista Brasileira de Direito**, v. 16, n. 1, p. 1, 3 fev. 2021.

GODOY, M. R. B. Dificuldades para aplicar a lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. Rio Claro: **Caderno de Geografia**, v. 23, n. 39, 15 jan. 2012. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/3332/333228745001/>>. Acesso em: 10 fev. 2013.

GUJARATI, Dadomar N. **Econometria Básica**. 5 ed. Porto Alegre. Bookman, 2011.

HEISIG, Jan Paul; SCHAEFFER, Merlin. Why you should always include a random slope for the lower-level variable involved in a cross-level interaction. *In:* , 2019. **European Sociological Review**. [S. l.: s. n.], 2019. p. 258–279. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/esr/jcy053>. Acesso em: 13 nov. 2021.

FÁVERO, L. P. et al. **Análise de Dados: Modelagem Multivariada para Tomada de Decisões**. Rio de Janeiro, Elsevier, 2009.

\_\_\_\_\_. **Métodos Quantitativos com Stata**. 1 ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2014.

HOECHLE, Daniel. Robust standard errors for panel regressions with cross-sectional dependence. **The Stata Journal**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 281–312, 2007.

HUYSVELD, S. et al. Advancing circular economy benefit indicators and application on open-loop recycling of mixed and contaminated plastic waste fractions. **Journal of Cleaner Production**, v. 211, p. 1–13, 2019.

INOUE, Atsushi; SOLON, Gary. A portmanteau test for serially correlated errors in fixed effects models. **Econometric Theory**, [s. l.], v. 22, n. 5, p. 835–851, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S0266466606060385>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. Site do IBGE, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produto-interno-bruto-dos-municipios.html>. Acesso em: 10 set. 2021.

JOCHMANS, Koen; VERARDI, Vincenzo. A portmanteau test for serial correlation in a linear panel model. **Stata Journal**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 149–161, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1536867X20909695>

MAIER, S.; OLIVEIRA, L. B. Economic feasibility of energy recovery from solid waste in the light of Brazil,s waste policy: The case of Rio de Janeiro. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 35, p. 484–498, 2014.

MARCHI, C. M. D. F. Cenário Mundial dos Resíduos Sólidos e o comportamento corporativo brasileiro frente à logística reversa. **Perspectivas em Gestão & Conhecimento**, João Pessoa, v. 1, n. 2, p. 118-135, jul./dez. 2011.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasília: [s. n.], 2020. Disponível em: [http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2019/Diagnostico\\_RS2019.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2019/Diagnostico_RS2019.pdf). Acesso em: 11 nov. 2021.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana Fase 2: Resíduos Sólidos Urbanos**. Disponível em:

[http://www.mma.gov.br/images/agenda\\_ambiental/residuos/SaibaMais.pdf](http://www.mma.gov.br/images/agenda_ambiental/residuos/SaibaMais.pdf) . Acesso em: 18 set. 2021.

MOTTA, W. H. Logística reversa e a Reciclagem de embalagens no Brasil. **Vii Congresso Nacional De Excelência Em Gestão**, p. 15, 2011.

NAKAGAWA, Shinichi; SCHIELZETH, Holger. A general and simple method for obtaining R2 from generalized linear mixed-effects models. **Methods in Ecology and Evolution**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 133–142, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/J.2041-210X.2012.00261.X/FORMAT/PDF>

NETO, Tiago José Pereira. **A Política Nacional de Resíduos Sólidos**: os reflexos nas cooperativas de catadores e a logística reversa. *Diálogo*, n. 18, p. 77-96, 2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 12 Consumo e produção responsáveis Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis. **Site da ONU Brasil**, 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/12> . Acesso em: 13 set. 2021.

PRICEWATERHOUSECOOPERS; SINDICATO NACIONAL DAS EMPRESAS DE LIMPEZA URBANA. **Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana**. [s.l: s.n.], 2020.

SCHUNCK, Reinhard. Within and between estimates in random-effects models: Advantages and drawbacks of correlated random effects and hybrid models. **The Stata Journal**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 65–76, 2013.

SCHUNCK, Reinhard; PERALES, Francisco. Within- and between-cluster effects in generalized linear mixed models: A discussion of approaches and the xthybrid command. **Stata Journal**, [s. l.], v. 17, n. 1, p. 89–115, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1536867X1701700106>. Acesso em: 10 nov. 2021.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. Atlas de Destinação Final de Resíduos Sólidos. **Site do Ministério do Meio**

**Ambiente**, 2021. Disponível em: <https://sinir.gov.br/atlas-rsu-abetre> . Acesso em: 12 set. 2021.

SOLIANI R. D.; KUMSCHLIES M. C.; SCHALCH V. A gestão de resíduos sólidos urbanos como estratégia de sustentabilidade. **Resvista Espacios**, p. 9, 2019.

SOUZA, S. S. et al. Reciclagem de resíduos sólidos como auxílio à educação ambiental: Uma experiência com a ONG Ecocanes. **GEOMAE**, v.3, n.1, p.81 – 92, 1º Semestre de 2012.

Disponível em:

<[http://www.fecilcam.br/revista/index.php/geomae/article/viewFile/197/pdf\\_61](http://www.fecilcam.br/revista/index.php/geomae/article/viewFile/197/pdf_61)>. Acesso em: 20 mai. 2021.

TALALAJ, I. A.; BIEDKA, P. Impact of concentrated leachate recirculation on effectiveness of leachate treatment by reverse osmosis. **Ecological Engineering**, v. 85, p. 185–192, 2015.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Introdução à Econometria Uma abordagem moderna**. Trad. de Priscila Rodrigues Silva Lopes e Livia Marina Koepl da 6ª edição norte-americana. Cengage Learning, 2018.

WURSTEN, Jesse. Testing for serial correlation in fixed-effects panel models. **Stata Journal**, [s. l.], v. 18, n. 1, p. 76–100, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1536867x1801800106>