

Avaliação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS): Uma análise para as regiões brasileiras

José Diego de Sousa Dias*
Vinícius Halmenschlager‡
Patrícia Raggi Abdallah‡
Gibran da Silva Teixeira‡

Resumo

A partir das conferências da ONU sobre clima e meio ambiente, temas como a disposição adequada de resíduos sólidos têm ganhado força em todo o globo. O capítulo 21 da Agenda 21 trata especificamente deste assunto. Em resposta a estas discussões, o Brasil sancionou em 2010 a Política Nacional de Resíduos Sólidos, lei que institui metas e planos de redução, não geração e reutilização de resíduos sólidos no país. Usando o método de Diferenças em Diferenças, juntamente com o *Propensity Score Matching*, esse trabalho se propõe a avaliar os impactos desta lei nas cinco regiões brasileiras, abrangendo o período de 2008 até 2015. Para isso, a partir dos dados do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento, escolheu-se um conjunto de variáveis que representam algumas das principais metas pretendidas pela PNRS, como: geração per capita de resíduos sólidos, quantidade de material reciclado coletado pelos municípios, total da população atendida por serviços de coleta e a frequência da prestação do serviço. Os resultados encontrados indicam uma redução na massa de resíduos gerados na região Nordeste e um aumento na taxa de materiais recicláveis recuperados em todo o país, principalmente para o Nordeste e Sudeste.

Palavras-chave: resíduos sólidos; políticas públicas; política nacional dos resíduos sólidos; métodos de avaliação de impacto

Classificação JEL: Q50; Q53; Q58

Abstract

Since the UN conferences on climate and environment changes, issues such as the proper disposal of solid waste has gained strength across the globe. Chapter 21 of Agenda 21 deals specifically with this subject. In response to these discussions, Brazil sanctioned in 2010 the National Policy on Solid Waste, a law that establishes goals and plans for the reduction, non-generation and reuse of solid waste in the country. Using the Differences in Differences method, together with the Propensity Score Matching, this paper proposes to evaluate the impacts of this norm in the five Brazilian regions, covering the years 2008 to 2015. To do so, using the data from the National Sanitation Information System, we chose objective variables that represent some of the goals sought by PNRS, such as: per capita generation of solid waste, quantity of recycled material collected by municipalities, total population served for collection services and the frequency with which it is. The results indicate a reduction in the mass of waste generated by the Northeast region and an increase in the rate of recyclable materials recovered throughout the country, mainly to the Northeast and Southeast.

Key-words: solid waste; public policy; national solid waste policy; impact valuation methods

JEL Classification: Q50; Q53; Q58.

Área 4: Economia Agrária e Ambiental

* Mestre em Economia Aplicada – PPGE-Mar/FURG

‡ Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada – PPGE-Mar/FURG.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil os temas que tangem às preocupações com o meio ambiente e os resíduos sólidos ganharam força após a implementação da lei de número 6.938, de 1981, a qual instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente (GOLLO *et al.*, 2014). Desde então vêm-se falando cada vez mais sobre a importância de se combater a degradação ambiental e debater temas que relacionam meio ambiente, saneamento básico e saúde. Alguns marcos foram importantes nesse processo, dentre eles, destaca-se a criação da Política Nacional dos Resíduos Sólido (PNRS).

Essa lei propõe medidas de gestão e gerenciamento ambientalmente adequado de resíduos sólidos, através de ideais como: logística reversa, integração de catadores, reciclagem, capacitação técnica e redução de dejetos. E entre suas atribuições está a criação do Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS), cuja elaboração é essencial e obrigatória para que os municípios e o Distrito Federal tenham acesso a recursos da União destinados a ações e programas que envolvam limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

A política exige o dispêndio de recursos públicos como incentivo às prefeituras para se adequarem às normas, além disso, a má disposição dos resíduos sólidos pode trazer consequências não só ambientais, mas à saúde da população, gerando custos com a manutenção desses ambientes e com o tratamento dos enfermos. Portanto, faz-se necessário estudos que avaliem a eficácia do programa, afim de se fiscalizar a efetiva aplicação desses subsídios, bem como o real impacto desse investimento no desenvolvimento dos municípios.

Na literatura, destacam-se dois trabalhos que avaliam, de forma empírica, a efetividade dessa política: Okawara (2018) e Cetrulo *et al.* (2018). O primeiro, utiliza uma análise com dados em painel, de efeitos fixos, para avaliar o efeito da PNRS tanto no que diz respeito à geração de resíduos, quanto a suas implicações sobre a saúde da população a nível agregado, nacional. O segundo, faz uso de estatísticas descritivas para avaliar os impactos da implementação da norma sobre cada região do país. O presente artigo se diferencia dos já existentes na literatura por dois motivos principais: Utiliza uma estratégia econométrica mais robusta, ao aplicar o método de Diferenças em Diferenças juntamente com o *Propensity Score Matching*; além disso, realiza análises regionais, pois, tendo em vista que cada zona brasileira apresenta características sociais, ambientais e econômicas distintas, observar somente o efeito médio pode não refletir as especificidades da política em cada umas das regiões.

Dessa forma, este trabalho objetiva avançar nos estudos acerca da eficácia da lei de número 12.305/10. Para isso, utiliza-se de *proxies* para representar os objetivos desejáveis a serem alcançados com sua implementação, cujos dados foram retirados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, observados entre os anos de 2008 e 2015. Pretende-se, assim, analisar em que medida o Plano Nacional de Resíduos Sólidos impactou os municípios e regiões que já implementaram a medida, no que diz respeito, especificamente, a: (i) quantidade total de resíduos sólidos coletados; (ii) percentual da população atendida com serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos; (iii) frequência com que a população é atendida pelos serviços de coleta e; (iv) quantidade de material reciclável recuperado.

Quanto aos resultados, foi identificado uma redução de 37,8% na geração de resíduos sólidos dos municípios da região Nordeste que já concluíram a elaboração de seus planos, em relação aos que não o fizeram ainda. E um incremento de 40,2% na massa de material reciclado coletado pela média das regiões nacionais, com 55,3% de aumento para o Sudeste do país.

É na tentativa de elucidar esta discussão que este trabalho está disposto da forma que se segue. Onde, além desta introdução, encontra-se uma breve discussão sobre os resíduos sólidos urbanos (seção 2), o levantamento de alguns estudos empíricos sobre o assunto (seção 3), a descrição da Política Nacional de Resíduos sólidos, com suas metas e objetivos (seção 4), a metodologia e dados empregados (seção 5), a discussão acerca dos resultados encontrados (seção 6) e, por fim, as considerações finais.

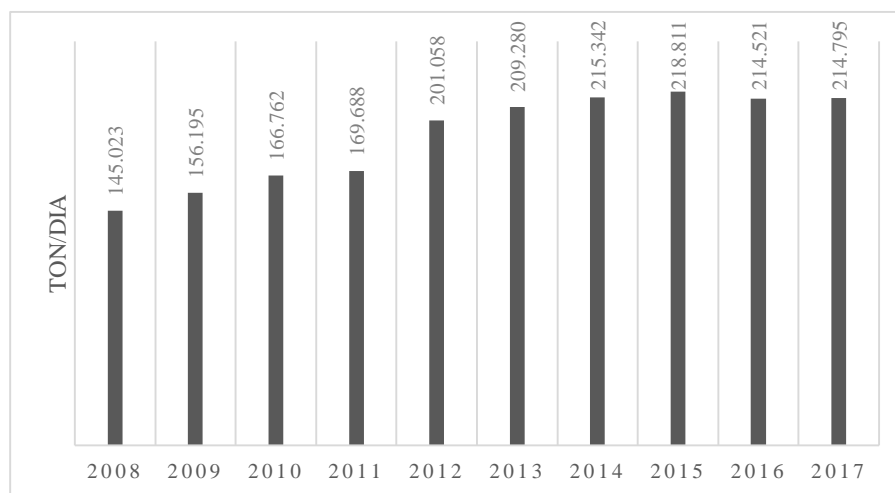
2 OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

O volume de Resíduos Sólidos Urbanos vem crescendo em todo o mundo. Segundo Suocheng, Tong e Yuping (2001), a produção mundial de resíduos municipais já alcançava cerca de 0,49 bilhões de toneladas em 1997, com crescimento anual de 3,2-4,5% em países desenvolvidos e 2-3% em países em desenvolvimento. Dados mostram que só nos Estados Unidos, no ano de 1960, eram produzidos 88 milhões de toneladas de resíduos sólidos, o que correspondia a cerca de 1,2kg por dia para cada habitante. Em 1980, a geração per capita de resíduos nesse país subiu para 1,9kg por dia. A partir dos anos 2000, os EUA já geravam, anualmente, cerca de 226 milhões de toneladas de resíduos, aproximadamente 2kg para cada habitante por dia (KREITH; TCHOBANOGLIOUS, 2002).

Estima-se que a Nigéria, país com cerca de 920 km², cuja população em 2009 estava próxima aos 140 milhões, gerava, nesse mesmo ano, cerca de 25 milhões de toneladas de resíduos sólidos municipais (OGWUELEKA, 2009). A Malásia, com seus quase 330 km² de área, descartou cerca de 0,5-0,8 kg/pessoa/ano de resíduos municipais em 2003 e chegou a produzir 1,7 kg/pessoa/ano na maioria de suas cidades (ABD; SAMAH; ZUKKI, 2009).

Nesses países, segundo os mesmos autores, as políticas implementadas foram incapazes de reverter o quadro da produção e destinação dos resíduos em suas regiões. Na maioria dos municípios, optou-se pela terceirização dos serviços de coleta e a cobrança de taxas de limpeza pública e urbana. Apesar disso, aponta-se a falta de planejamento como um dos maiores problemas encontrados, por exemplo, para decidir as maneiras economicamente mais viáveis de se fazer a coleta, através do estudo da composição dos resíduos gerados (orgânicos, recicláveis, de construção, etc.) por cada localidade.

Gráfico 1 - Quantidade, toneladas por dia, de resíduos sólidos produzidos no Brasil ao longo dos anos



Fonte: elaboração própria a partir de dados da ABRELPE.

No Gráfico 1 acima é possível observar a variação na produção de resíduos sólidos no Brasil, entre os anos de 2008 e 2017. Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), em 2015 o país gerava cerca de 79,9 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU), 50% a mais do que o total gerado em 2008. No ano seguinte, 2016, o total produzido foi de cerca de 78,3 milhões de toneladas, 2% a menos do que o montante gerado em 2015, a primeira queda registrada. Contudo, em 2017 o volume voltou a subir cerca de 1% em relação ao ano anterior.

Conforme mostra a Tabela 1, o Nordeste brasileiro, entre os anos de 2008 e 2012, era a região com maior geração per capita de resíduos sólidos no país, chegando a gerar cerca de 1,3 kg de resíduos para cada habitante/dia. Porém, segundo os dados da ABRELPE, de 2013 em diante houve uma brusca redução nesse índice, fazendo com que a região ficasse atrás do Centro-oeste e Sudeste no quesito geração de resíduos sólidos.

Tabela 1 - Geração per capita de resíduos sólidos por região

Região	Ano							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Norte	1,002	1,051	1,108	1,154	1,145	0,892	0,893	0,901
Nordeste	1,207	1,254	1,289	1,302	1,309	0,958	0,982	0,988
Centro-Oeste	1,047	1,161	1,245	1,250	1,251	1,110	1,114	1,121
Sudeste	1,087	1,204	1,288	1,293	1,295	1,209	1,239	1,252
Sul	0,766	0,856	0,879	0,887	0,905	0,761	0,770	0,773

Fonte: adaptado de ABRELPE (2008-2015).

Desse montante de resíduos produzidos, grande parte destina-se aos lixões - vazadouros a céu aberto que não possuem nenhuma proteção ambiental – que configuram uma das piores e mais primitivas formas de destinação do lixo. Segundo a Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2017), estima-se que, no país, em 2017, cerca de 29 milhões de toneladas de resíduos foram despejados em locais como estes ou em aterros controlados – locais que recebem cobertura de solo, mas que não possuem sistema de dispersão de gases e tratamento de chorume -, por mais de 3 mil municípios brasileiros.

Existem diversas tecnologias ambientalmente mais adequadas para despejar e tratar o resíduo, como a incineração com produção energética, a compostagem de resíduos orgânicos e a recuperação de materiais a partir da reciclagem. Essas formas, além de serem mais economicamente e ambientalmente viáveis possuem importante papel social, pois podem gerar milhares de empregos formais e informais no Brasil (BASTO E PINGUELLI, 2004).

3 ESTUDOS EMPÍRICOS SOBRE POLÍTICAS DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Na China, Wu *et al.* (2015) utilizaram a Curva de Kuznets Ambiental para realizar um estudo acerca do impacto de políticas ambientais sobre a geração de resíduos sólidos no país. O estudo leva em consideração 31 províncias do continente chinês, observadas entre os anos de 1997 e 2011, e utiliza dados do *China Statistical Yearbooks* e do *China Environmental Yearbooks*. Usando o PIB per capita como indicador econômico e a geração per capita de resíduos sólidos urbanos como indicador ambiental, os autores trabalham com dois casos paralelos: um não leva em consideração a política de RSU como uma variável independente do modelo; o outro, utiliza essa variável como fator explicativo.

O trabalho sugere que a implementação de políticas ambientais tem efeito positivo na coleta de resíduos sólidos urbanos. Apesar disso, o estudo encontrou que a cobrança de taxas fixas de coleta mensal por residência não gera incentivos para que a população reduza a geração de resíduos ou passe a reciclar um volume maior de materiais. Nesse sentido, dentre as políticas adotadas pelas províncias estudadas, a cobrança de uma taxa por cada sacola plástica disposta no meio ambiente mostrou-se mais eficaz na diminuição na geração de lixo.

Troschinetz e Mihelcic (2009), realizam um estudo quantitativo e qualitativo em 23 países em desenvolvimento, incluindo o Brasil. O trabalho tem por objetivo identificar as medidas que os países de segundo e terceiro mundo estão utilizando para lidar com os resíduos sólidos, quantificar a geração de resíduos sólidos urbanos, entender sua composição e avaliar os países em desenvolvimento, a partir da identificação das barreiras e incentivos à reciclagem e aos fatores de sustentabilidade. A dupla usa uma compilação de resultados de estudos dos países examinados, avaliando a qualidade dos dados a partir do uso da estimação de uma matriz multidimensional.

Segundo o estudo citado acima, a taxa média da geração de resíduos sólidos urbanos desses 23 países é de 0,77 kg/pessoa/dia e a taxa de materiais reciclados varia de 5% a 40%, sendo o Brasil e a Tailândia aqueles com maior taxa de recuperação. Além disso, a pesquisa identifica 12 fatores que influenciam a sustentabilidade da reciclagem de resíduos nos países em desenvolvimento: políticas governamentais, finanças do governo, caracterização do tipo de resíduo gerado, educação domiciliar, orçamento familiar, administração dos resíduos municipais, educação pessoal acerca dos resíduos, planos

de disposição adequada, mercado local de material reciclado, recursos humanos e tecnológicos e disponibilidade de terra.

Cetrulo *et al.* (2018) entende que a política de resíduos brasileira ainda não alcançou as mudanças desejadas no que tange a não geração e ao manejo de resíduos sólidos. O trabalho avalia a situação atual do país e a efetividade da lei em quesitos como: quantidade de lixo gerado (a partir do total coletado), taxa do material que é reciclado, adequação da disposição final dos resíduos e população total atendida por serviços de coleta. Faz isso a partir de uma análise estatística descritiva, averiguando a situação dos rejeitos em todo o país e em cada uma das cinco regiões (Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sul e Sudeste). Além disso, os autores também dividem a base conforme a faixa de número de habitantes dos municípios.

Segundo os autores, os resultados encontrados indicam que a situação atual do Brasil é similar à de outros países em desenvolvimento, como a Malásia. E apesar de ter ocorrido um aumento no serviço de coleta de lixo, principalmente nas áreas rurais, a frequência desta coleta diminuiu. Para eles, a lei se mostrou falha em reduzir a geração de resíduos sólidos e, além disso, não proporcionou aumento significativo na proporção de criação de aterros sanitários ambientalmente adequados. Muito embora, na maioria dos casos, os efeitos tenham se mostrado maiores – como era de se esperar – em cidades de maior porte, o que corrobora com Chaves, dos Santos e Rocha (2014), quando os mesmos falam das dificuldades técnicas e financeiras para os municípios se adaptarem às normas.

Okawara (2018), também realizou um estudo a respeito da política brasileira de resíduos sólidos. O autor utilizou a quantidade total de resíduos coletados e de resíduos destinados aos lixões, além de dados sobre saúde, para avaliar se os municípios que implementaram o PMGIRS alcançaram as metas estabelecidas pela PNRS. Para isso, ele montou um painel com efeitos fixos, contendo dados de todos os municípios brasileiros, entre os anos de 2008 e 2015.

Quanto aos resultados encontrados, não foi identificado significância estatística para aqueles que dizem respeito à quantidade de resíduos coletados e de resíduos enviados irregularmente para lixões. Contudo, o estudo aponta para uma redução nos casos de leptospirose, em municípios com menos de 11 mil habitantes, após a implementação do plano municipal. Mas também identifica um aumento contraditório dos casos de óbito, em crianças com menos de 11 meses, advindos de infecções respiratórias agudas.

4 A POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Em 2 de agosto de 2010 foi sancionada, no Brasil, a lei de número 12.305¹, a qual institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Esta lei atribui aos geradores e ao poder público à responsabilidade pelo gerenciamento e pela gestão, desde a sua fabricação até a disposição final, dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Dentre os objetivos desta política, destaca-se nesse trabalho a “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos”, além de incentivo à indústria de reciclagem, logística reversa, melhorias nos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos, estímulo ao consumo sustentável e integração dos catadores nas ações de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos.

Outra grande preocupação da PNRS é com o fechamento dos lixões. Uma das metas dada pela Política aos municípios brasileiros é a de que, até 2014, todos os lixões presentes no país fossem desativados e que o entorno das áreas em que os mesmos se encontram sejam recuperados. Contudo, ainda em 2017, aproximadamente 40,9% dos resíduos coletados foram despejados em lixões ou aterros controlados por cerca de 3.353 municípios do país (ABRELPE, 2017).

No que concerne os mecanismos de aplicação da política, o plano de abrangência municipal, denominado de Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos, é a principal ferramenta e é condicional para que os governos possam ter acesso aos recursos da União. Segundo a lei, os municípios teriam, a partir da data que esta foi sancionada, dois anos para montar seus planos de gestão integrada.

¹ O detalhamento da política, seus mecanismos e objetivos estão expostos na Lei 12.305/2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm

Dessa forma, aqueles que após 02 de agosto de 2012 tivessem cumprido com os quesitos mínimos dispostos pela PMGIRS poderiam ter acesso ao recurso citado acima².

Para terem acesso aos recursos da União, além da criação do PMGIRS, leva-se em consideração outro fator: a existência ou não de inadimplência por parte do município requerente. Além disso, municípios que possuam associações de catadores de materiais recicláveis e que optarem por consórcios para a gestão de resíduos sólidos terão prioridade na obtenção do recurso.

5 DADOS E ESTRATÉGIA EMPÍRICA

5.1 Base de dados

Para realização do trabalho, foi construído um painel de dados municipal, anual, de 2008 a 2015 para todo o Brasil³. Os dados utilizados foram provenientes, sobretudo, do Sistema de Informações sobre Saneamento (SNIS). Através dessa fonte, foi possível identificar os municípios participantes da PNRS, bem como captar variáveis relativas a situação dos resíduos sólidos a nível municipal. Além dessas informações, foram utilizados dados de características socioeconômicas dos municípios, obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e das Finanças Municipais do Tesouro Nacional (FINBRA).

Conforme Tabela 2, dos 5570 municípios brasileiros, o banco de dados do SNIS não contém informações para todos os municípios brasileiros, apenas para aquele que reportaram suas informações ao sistema. Dessa forma, a escolha dos anos utilizados no estudo leva em consideração a data de implementação da PNRS, a data dada aos municípios para que implantassem o seu PMGIRS e a quantidade de dados disponíveis no SNIS.

Tabela 2 - Quantidade de municípios listados no SNIS a cada ano (% relativa a cada região)

Ano	Total (%)	Norte (%)	Nordeste (%)	Sudeste (%)	Sul (%)	Centro-Oeste (%)
2008	372 (7%)	29 (6%)	95 (5%)	138 (8%)	79 (7%)	31 (7%)
2009	1964 (35%)	105 (23%)	421 (23%)	674 (40%)	607 (51%)	157 (34%)
2010	2070 (37%)	77 (17%)	395 (22%)	795 (48%)	666 (56%)	137 (29%)
2011	2100 (38%)	147 (33%)	406 (23%)	755 (45%)	666 (56%)	126 (27%)
2012	3043 (55%)	170 (38%)	682 (38%)	1111 (67%)	847 (71%)	233 (50%)
2013	3572 (64%)	242 (54%)	862 (48%)	1248 (75%)	940 (79%)	280 (60%)
2014	3765 (68%)	254 (56%)	962 (54%)	1301 (78%)	960 (81%)	288 (62%)
2015	3520 (63%)	246 (55%)	841 (47%)	1244 (75%)	928 (78%)	261 (56%)
2016	3670 (66%)	221 (49%)	871 (49%)	1307 (78%)	982 (82%)	289 (62%)

Fonte: elaboração própria a partir de dados do SNIS.

Em posse desses dados, criou-se os indicadores, Tabela 3, que serviram como *proxy* para avaliar parte da lei 12.305/2010, quatro dos mesmo utilizados por Cetrulo *et al.* (2018): geração per capita de resíduos sólidos (kg/ano/capta) e quantidade de resíduos recicláveis recuperados (em toneladas); amplitude do serviço de coleta de resíduos (número de indivíduos atendidos em relação à população total) e à melhora na frequência adequada da coleta – considerada adequada as residências que recebem coleta mais de duas vezes por semana.

² Os critérios que devem ser atendidos pelos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos estão dispostos no art. 19, incisos I a XIX, da PNRS. Cabe destacar que conforme Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, municípios pequenos, com menos de 20 mil habitantes, podem optar por aderir ao Plano Municipal Simplificado de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMSGIRS).

³ Devido à falta de informações foram removidos da amostra cinco municípios criados em 2013, a saber: Pescaria Brava; Balneário Rincão; Mojuí dos Campos; Pinto Bandeira; Paraíso das Águas.

Tabela 3 - Indicadores utilizados para avaliar a PNRS

Indicadores	Definição do indicador	Dado
Geração per capita de resíduos	RSU coletado	Quantidade total de RDO e RPU coletada
	População atendida pelo serviço de coleta	População total atendida pelo município
Serviço de coleta	População atendida pelo serviço de coleta	População total atendida pelo município
	População total do município	População total do município
Resíduos recuperados	Massa de resíduos recicláveis coletados	Quantidade total de materiais recicláveis recuperados
	RSU coletado	Quantidade total de RDO e RSU coletada
Frequência de coleta	População atendida com frequência adequada de coleta	Percentual da população atendida 1, 2 ou 3 vezes na semana
	População atendida pelo serviço de coleta	População atendida pelo serviço de coleta

Nota: RSU – Resíduo Sólido Urbano; RDO – Resíduo Doméstico; RPU – Resíduo Público.

Fonte: elaboração própria.

Vale mencionar que a informação contendo a lista de municípios que já possuem PMGIRS (dentro do período estudado) só existe para o ano de 2013, não possibilitando identificar aqueles que eventualmente entraram ou saíram do programa durante os anos de 2014 e 2015. Assim, para fins desse estudo, ou o município formulou seu plano de gestão integrado até o ano de 2012 ou não o construiu ainda. O Ministério do Meio Ambiente (MMA) fez um levantamento à parte para o ano de 2015, mas para evitar problemas decorrentes da utilização de fontes distintas, optou-se por usar apenas os dados contidos no SNIS.

Das variáveis citadas acima, as mostradas na Tabela 3 foram utilizadas como variáveis dependentes do modelo. Todas as demais (despesas com RSU, catadores organizados em cooperativas, cobrança pelo serviço de limpeza, gastos com saneamento, PIB e tamanho populacional do município), são medidas de controle. A Tabela 4 apresenta as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para a avaliação a nível Brasil, ilustradas tanto em sua totalidade quanto divididas entre municípios usados como tratados e controle. As estatísticas para cada região brasileira estão dispostas nas tabelas A.1, A.2, A.3, A.4 e A.5, que podem ser encontradas no Apêndice A.

Tabela 4 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas (Brasil)

Variável	Total			Tratado			Controle		
	Obs. ^a	Média ^b	σ^c	Obs.	Média	σ	Obs.	Média	σ
Total RPU e RDO coletado (log)	19.151	7,82	1,79	7.086	7,87	1,83	12.065	7,80	1,77
Pop. atendida serviços coleta (log)	15.681	9,28	1,37	5.715	9,32	1,41	9.966	9,24	1,34
Despesas públicas com RSU	12.816	1,6e ⁶	2,1e ⁶	4.93	1,2e ⁶	8,1e ⁶	7.877	1,9e ⁶	2,6e ⁶
Despesas privadas com RSU	12.628	4,4e ⁶	4,7e ⁶	4.873	4,7e ⁶	5,4e ⁶	7.755	4,2e ⁶	4,1e ⁶
Tem Cooperativas de Catadores	12.886	0,28	0,45	4.957	0,30	0,46	7.929	0,27	0,44
Cobra por serviços de limpeza	20.042	0,43	0,50	7.420	0,51	0,50	12.622	0,39	0,49
Total coletado coleta seletiva (log)	5.343	5,80	1,86	2.381	5,80	1,85	2.962	5,82	1,88
Pop. atendida diariamente	20.072	37,30	36,16	7.444	35,68	35,83	12.628	38,88	36,31
Pop. atendida 2 ou 3 vezes/semana	20.070	51,66	36,36	7.444	53,54	36,28	12.626	50,54	36,36
PIB per capita do município	44.519	14.967	17.832	14.912	16.691	15.649	29.607	14.098	18.777
Possui projeto de educ. ambiental	44.503	0,25	0,43	14.912	0,45	0,5	29.591	0,15	0,36
Proporção gasta com saneamento	36.770	0,017	0,034	12.248	0,02	0,033	24.522	0,017	0,035

Nota: a. Número de observações da amostra. b. Média amostral. c. Desvio padrão.

Fonte: elaboração própria, com base nos dados do SNIS, FINBRA e IBGE

5.2 Estratégia empírica

Para identificar o impacto da PNRS sobre os municípios que já implementaram o PMGIRS foi aplicada a metodologia de Diferenças em Diferenças (DD), ponderado por um escore de propensão (*Propensity Score Matching*). Para isso, utilizou-se como fonte primárias de dados as planilhas contidas no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

Devido às peculiaridades de cada região do país, além de calcular os coeficientes das variáveis a nível nacional, dividiu-se o território brasileiro em: norte, nordeste, centro-oeste, sudeste e sul. Essa distinção se faz necessária para que seja possível observar o impacto da PMGIRS separadamente, identificando onde a política apresentou o maior impacto e se há alguma região que se sobressai das demais.

A análise foi realizada em quatro momentos, onde o primeiro trata-se somente da aplicação do método de diferenças em diferenças, o segundo usa o DD com o acréscimo de algumas covariadas. No terceiro momento é usado o escore de propensão em conjunto com o DD e por último repete-se o terceiro passo, mas com o acréscimo de um teste de robustez no erro padrão. Por fim, realizou-se um teste placebo, objetivando averiguar se os efeitos encontrados são de fato provenientes da implementação da política pelo município. Para isso, considerou-se a data limite de construção dos planos municipais de gestão integrada como sendo um ano anterior a aquela que de fato o foi. Os resultados dessa falsificação estão ilustrados no Apêndice B desse documento.

5.2.1 Diferenças em Diferenças

Segundo Gertler *et al.* (2011), o método de Diferenças em Diferenças (DD), ou *Diff-in-Diff*, é um método quase-experimental que compara as mudanças ocasionadas por um fator exógeno, como, por exemplo, a implementação de uma nova política pública, em uma população dividida entre aqueles que foram afetados pelo ocorrido (o grupo de tratados) e aqueles que não foram afetados (o grupo de controle). Esse método é comumente utilizado para avaliar políticas públicas, pois ele permite comparar, no tempo, indivíduos que não foram afetados pela política com aqueles que foram afetados, atribuindo seu resultado (a diferença da diferença) ao possível efeito da implementação da nova lei.

Para este trabalho, o que queremos analisar são os impactos da Política Nacional dos Resíduos Sólidos sobre os municípios que já elaboraram seus planos. A hipótese central é a de que, caso não houvesse a política, cada variável seguiria uma trajetória paralela. Dessa forma, qualquer desvio nas trajetórias das variáveis após a implementação do PNRS pode ser considerado efeito da política.

Assim, o DD permite compararmos tratados e não tratados, antes e depois dos municípios elaborarem seu PMGIRS, a partir da manipulação da equação que se segue:

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 T_i + \beta_2 P_t + \beta_3 T_i P_t + \mu_{it} \quad (1)$$

onde.

Em que i é cada um dos municípios e t o ano, que vai de 2008 a 2015. Além disso, Y_{it} representa as *proxys* que servirão para analisar a efetividade da PNRS, apresentados na Tabela 3. T é uma variável *dummy* de tratamento, que assume valor 1 caso o indivíduo esteja no grupo dos tratados, ou seja, o grupo dos municípios que em 2013 já possuíam a PMGIRS e 0, caso contrário (grupo de controle), P é uma variável binária que assume valor 1 para os anos após a implementação da PMGIRS (≥ 2013), e 0 para o período anterior a este tratamento e μ_{it} é o erro. O parâmetro β_3 é conhecido na literatura como o estimador de DD e fornece o efeito médio do tratamento. Dessa forma, o estimador de diferenças em diferenças separa o efeito da Política Nacional de Resíduos Sólidos sobre as variáveis dependentes, controlando todos os outros fatores que explicam essas variáveis.

O DD também pode ser escrito da seguinte forma:

$$DD_i = [E(Y_{i,1}^1 - Y_{i,0}^1) - (Y_{j,1}^0 - Y_{j,0}^0)] \quad (2)$$

onde i e j denota municípios tratado e controle, respectivamente. E o índice superior é o tempo, indicado em 1 para o período pós tratamento e 0 para o período anterior ao tratamento.

5.2.2 Propensity Score Matching (PSM)

O *Propensity Score Matching* é um método econométrico que se utiliza das características observadas dos municípios para construir grupos de comparação, agrupando-os de acordo com a similaridade entre os atributos de cada elemento da amostra. Ao fazer isso, o PSM reduz a dimensionalidade das variáveis do painel e faz com que as variáveis explicativas passem a depender quão menos da participação ou não dos municípios no programa, quão mais próximas forem as características pareadas (CECHIN et al., 2015).

Resumidamente, o método proposto por Rosenbaum e Rubin (1983), sumariza as características de cada unidade contida no painel e, com base nessas, gera um peso com valores entre 0 e 1, a depender de como elas influenciam na decisão de participar ou não do programa. (GERTLER et al., 2011). No PSM, formalmente definido por $\hat{P}(X) = \Pr(PNRS_{i,0} = 1 | X_{i,-1})$, se utiliza um modelo logístico para estimar a probabilidade de um município fazer parte da PNRS baseado no vetor de características anteriores ao tratamento ($X_{i,t-1}$), assim se evita distorções no resultado, causados por possíveis mudanças no comportamento da amostra, provindas da implementação do programa.

5.2.3 Diferenças em diferenças com Matching

Dessa forma, como mencionado anteriormente, para melhorar as estimações do modelo, além do método de diferenças em diferenças, calculou-se a probabilidade de os municípios estudados participarem ou não da política, através do PSM. Assim, para uma sequência de resultados, a base de dados foi pareada e, utilizando-se os pesos gerados pelo score de propensão, os resultados foram calculados mais uma vez. O novo estimador (equação 3), utilizado por Fontes, Conceição e Jacinto (2018), é mais robusto, pois age de maneira a diminuir a probabilidade da existência de vies de seleção, já que, para essa nova amostra, os municípios controle são escolhidos não somente pelo fator elaboração do PMGIRS, mas também pela proximidade em características institucionais. Desta forma, é possível que sejam controlados tanto os fatores observáveis quanto os não observáveis fixos dos municípios, como características institucionais e culturais, que poderiam afetar a participação na política e consequentemente os seus resultados. Assim, a nova equação, chamada de *DDM*, pode ser escrita como

$$DDM_i = \left[E(Y_{i,1}^1 - Y_{i,0}^1) - \sum_{j \in C} W_{ij} (Y_{j,1}^0 - Y_{j,0}^0) \right] \quad (3)$$

em que W é o peso estimado pelo PSM e C o suporte comum.

5.3 Análise de robustez

Para todas as variáveis ilustradas na Tabela 3, calculou-se também os coeficientes do *DDM* para um período anterior à implementação do PMGIRS, 2011. Como a política foi implementada em 2010 e o prazo dado para a implementação dos planos foi de dois anos, ou seja 2012, possivelmente fosse mais indicado que a falsificação tivesse sido feita para, pelo menos, três períodos. Contudo, a base do SNIS é precária em dados conforme reduzem-se os anos, de modo que se tornou inviável o *DD* com pareamento em características observáveis dos municípios para períodos anteriores a um ano.

Esta estratégia serve como teste de robustez para confirmar os resultados encontrados pelo *DDM*, para a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. No caso dos parâmetros encontrados, a partir da falsificação, não serem estatisticamente significantes, isso sugere que, em média, não há diferenças entre tratado e controle nas variáveis utilizadas para avaliar a PNRS. Ou seja, o efeito captado pelo *DDM* original deve ter ocorrido devido a implementação da norma.

A Tabela B.1 do Apêndice B apresenta os resultados do teste quando analisamos todo o país. Já as Tabelas B.2, B.3, B.4, B.5 e B.6, os resultados da falsificação para as cinco grandes regiões brasileiras. A sequência de resultados segue a mesma lógica apresentada na Tabela 5 abaixo.

6 RESULTADOS

Os resultados estão divididos em 6 partes. A Tabela 5, mostra o valor dos coeficientes a nível nacional. Já as tabelas 6, 7, 8, 9 e 10, os coeficientes para cada região do país. Além dessas também foram feitos testes para diferentes tamanhos de população: menor ou igual a vinte mil habitantes (PMGIRS simplificada); entre vinte mil e quinhentos mil habitantes; e em cidades com mais de quinhentos mil habitantes. Mas nenhum resultado significativo foi encontrado, por isso seus respectivos coeficientes não estão aqui expostos.

As colunas (1), (2), (3) e (4) de cada tabela mostram, respectivamente, os coeficientes do *DD* simples, *DD* com covariadas, com PSM e, por fim, com PSM e erro padrão robusto. As variáveis dependentes, como mencionado anteriormente, são Geração per capta de resíduos, Serviço de coleta, Resíduos recuperados e Frequência de coleta. Os resultados estão apresentados separadamente para cada região.

A redução na geração de resíduos sólidos é o grande e maior objetivo da Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Apesar disto, no que diz respeito à análise nacional, a política não se mostrou eficaz nesse quesito. Tanto nesse, quanto nos trabalhos de Okawara (2018) e Cetrulo *et al.* (2018), nenhuma significância foi encontrada quanto da análise sobre todos os municípios brasileiros. Isso significa que, quanto a geração, não há diferenças entre municípios tratados e controles mesmo após a implementação da nova lei. Dentre as quatro variáveis usadas nesse trabalho, que serviram como objeto de análise para a política, apenas a que mede a taxa de Resíduos sólidos recuperados (recicláveis) obteve resultados significantes. A Tabela 5 mostra que nesse quesito, os municípios que implementaram com sucesso as medidas dispostas pela PNRS puderam observar um aumento de cerca de 40,2% na coleta de materiais recicláveis, em relação aos que ainda não se adequaram à norma.

Tabela 5 - Impacto da PNRS para todos os municípios brasileiros

Variável	Efeito em log (Brasil)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capta de resíduos	-0,033	-0,019	0,007	0,012
Serviço de coleta	0,014	0	-0,043*	-0,011
Resíduos recuperados	0,084	0,067	0,471***	0,402***
Frequência da coleta	-0,037	-0,024	0,070	0,026
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: *** p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1

Fonte: elaboração própria.

Quanto a análise por regiões, o Nordeste foi o único a apresentar significância no que diz respeito ao indicador Geração de resíduos sólidos. Conforme ilustrado na Tabela 6, ao comparamos os municípios que já se adequaram à política em relação àqueles que não formularam o seu plano ainda, os resultados indicam uma diminuição de aproximadamente 37,8% nessa região. Esse resultado ajuda a entender a redução na geração per capta de resíduos sólidos ilustrado na Tabela 1, já que a região Nordeste foi a única a apresentar diminuição significativa na geração de resíduos entre os anos de 2008 e 2015. Sendo que esta se deu após 2012, data limite para os municípios elaborarem seus Planos Municipais de Gestão de Resíduos. Indicando que essa variação pode ter se dado em decorrência a implementação da lei 12.305.

Tabela 6 - Impacto da PNRS nos municípios da região Nordeste do Brasil

Variável	Efeito (Nordeste)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capta de lixo	-0,082	0	-0,468***	-0,378***
Serviço de coleta	0,027	0,032	0,008	0,017
Resíduos recuperados	0,784	1,433*	5,979***	6,146***
Frequência da coleta	0,012	-0,040	0,667*	0,240
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: *** $p < 0.01$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.1$

Fonte: elaboração própria.

Além disso, o Nordeste também apresentou o maior aumento na taxa de materiais recicláveis recuperados, um valor seis vezes maior em relação aos municípios que não construíram seus planos. Contudo, os resultados do teste placebo (Tabelas B1, B2, B3, B4, B5 e B6, do Apêndice B) encontraram significância nesse quesito, tanto a nível nacional, quanto para o Nordeste e Sudeste brasileiro. Dessa forma, vislumbra-se duas possibilidades. Uma delas é a de que visto que a lei foi sancionada em 2010, com prazo de dois anos para que os municípios e o Distrito Federal elaborassem seus respectivos planos, é possível que essas regiões tenham se adaptado já no período inicial do prazo estipulado, durante o processo de adequação às normas. Tentou-se fazer outros testes de placebo, para períodos anteriores a 2010, mas a incompletude dos dados do SNIS tornou inviável tal amostragem. A segunda possibilidade é de que essa mudança de comportamento não tenha se dado devido à lei, mas a pressões ambientais advindas dos já citados fóruns das Nações Unidas, além de características institucionais, de gestão e econômicas não captadas pelo modelo.

Tabela 7 - Impacto da PNRS nos municípios da região Sudeste do Brasil

Variável	Efeito (Sudeste)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capta de lixo	-0,055	-0,014	0,018	0,007
Serviço de coleta	0,002	-0,017	-0,004	-0,016
Resíduos recuperados	0,257*	0,112	0,635***	0,553***
Frequência da coleta	0,059	0,014	0,166	0,155
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: *** $p < 0.01$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.1$

Fonte: elaboração própria.

Assim como a região nordeste, o Sudeste também apresentou significância na variável explicada Resíduos recuperados. Segundo os resultados, nessa parte do país houve um aumento de cerca de 55,3% na taxa de materiais reciclados, conforme mostra a coluna (4) da Tabela 7. Mas, do mesmo modo, vale a discussão acima a respeito dos resultados do placebo, visto que, como já mencionado, também foi encontrado significância para essa região durante o teste.

Tabela 8 - Impacto da PNRS nos municípios da região Sul do Brasil

Variável	Efeito (Sul)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	-0,006	-0,019	-0,057	-0,053
Serviço de coleta	0,006	0,005	0,040	0,002
Resíduos recuperados	-0,148	-0,169	-0,108	-0,089
Frequência da coleta	-0,076	-0,052	-0,156	-0,114
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: *** p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1

Fonte: elaboração própria.

As regiões norte, sul e centro-oeste não apresentaram significância em nenhum dos quesitos estudados. Embora o inciso X que trata dos objetivos da Lei 12.305/10 indique que a “regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos” seja uma das prioridades do programa, as variáveis Serviço de coleta e Frequência de coleta, também não encontraram significância em nenhum dos cenários observados.

Frequência de coleta foi o indicador que apresentou os piores resultados na análise. Apesar disso, assim como no trabalho de Cetrulo *et al.* (2018), os coeficientes sugerem uma diminuição da frequência para a maioria das regiões. Segundo os autores, pode ter havido uma redução na frequência de coleta de resíduos, em decorrência de uma ampliação no serviço como todo, mas nada disso pôde ser observado nesse estudo.

Tabela 9 - Impacto da PNRS nos municípios da região Norte do Brasil

Variável	Efeito (Norte)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	-0,003	-0,108	-0,155	-0,018
Serviço de coleta	-0,014	-0,185	-0,468*	-0,407*
Resíduos recuperados	1,977*	1,987*	-	-
Frequência da coleta	0,081	0,130	0,873	0,008
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: *** p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1

Fonte: elaboração própria.

Observando mais uma vez a Tabela 2 se percebe que o número de municípios estudados nas regiões norte e centro-oeste é de 221 e 289, respectivamente. Esse total está bem abaixo das demais localidades, que por sua vez possuem entre 871 e 1307 observações. Acontece que, ao se parear a amostra em suas características observáveis, o tamanho desse conjunto, somado à precariedade de informações nas tabelas do SNIS, não permite que seja calculado o *DDM* dos Resíduos recuperados para nenhuma dessas duas regiões. Por isso os resultados desses coeficientes encontram-se em branco nas tabelas 9 e 10.

Tabela 10 - Impacto da PNRS nos municípios da região Centro-oeste do Brasil

Variável	Efeito (Centro-Oeste)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capta de lixo	-0,056	-0,133	0,135	0,112
Serviço de coleta	0,057*	0,049	0,045	0,054
Resíduos recuperados	-0,109	-0,076	-	-
Frequência da coleta	0,045	-0,049	-0,566	-0,020
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: *** p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1

Fonte: elaboração própria.

Em síntese, se verifica uma redução de 37,8% na quantidade per capta de resíduos gerados pela região Nordeste, que pode ser atribuído aos resultados obtidos pela PNRS. E um aumento na quantidade de resíduos recicláveis recuperados no Nordeste e Sudeste do país, mas cuja causa pode não vir especificamente da implementação da política, pois tal aumento já podia ser observado, pelo menos a partir de 2011.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a implementação da lei de resíduos sólidos, o país encontra-se mais próximo de se tornar um lugar ambientalmente sustentável, embora ainda haja muito no que se avançar a esse respeito. A presente análise mostrou que muitos dos municípios estudados ainda apresentam dificuldades na elaboração de seus Planos e que boa parte deles não se livrou completamente do problema dos lixões. Apesar desta pesquisa não contemplar todos os quesitos propostos pela PNRS, pôde-se observar que essa política ainda não alcançou seus objetivos plenos, pois os resultados ainda são poucos e foram identificados apenas em algumas regiões do país.

A despeito do que dizem as outras pesquisas no Brasil (CETRULO et al., 2018; OKAWARA, 2018), quanto à geração de resíduos, ainda que o efeito se anule quando olhamos para o país como um todo, pode-se concluir que a região Nordeste beneficiou-se dos incentivos dados pela norma, pois os municípios que se adequaram e construíram seus Planos observaram uma redução de 37,8% na quantidade de resíduos coletados. De modo geral, houve uma melhora no serviço de reciclagem do país, com destaque para a regiões Nordeste e Sudeste que aumentaram em até 6 vezes a quantidade de resíduos recuperados por seus municípios. Entretanto, o aumento captado pelo modelo não pode ser explicado pela implementação da norma, já que ele se mostrou presente também durante os testes de efeito placebo. Quanto à frequência e a ampliação dos serviços de coleta, ainda que os resultados converjam com os encontrados por Cetrulo *et al.* (2018), no que os autores indicam um aumento no serviço, mas uma diminuição na frequência, principalmente em municípios maiores, não foi possível observar disparidades entre municípios que já implementaram o PMGIRS em relação aos que não o fizeram.

Uma das principais dificuldades encontradas por esse estudo foi a baixa quantidade de informações contidas no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, onde muitas das variáveis contidas no banco encontravam-se defasadas em vários campos, além do fato de que nem todos os municípios estão listados no mesmo. E, apesar de ser um tema que tem tomado cada vez mais força nos últimos anos, há apenas um pequeno volume de trabalhos empíricos na área de resíduos sólidos urbanos.

Dessa forma, é necessário um maior comprometimento das autarquias municipais tanto no que diz respeito ao correto e completo preenchimento dos dados requeridos pelo SNIS, para que futuramente seja possível o desenvolvimento de mais estudos na área, quanto no comprometimento com a aplicação e

adequação às normas da PNRS. Garantindo, assim, que o tópico apareça entre as prioridades da agenda municipal, seja qual for o governo, e trabalhando para que os outros quesitos da política sejam cumpridos. Para que ela possa ser efetivada não só parcialmente, mas em totalidade.

Por fim, vale lembrar que estão sendo utilizados recursos da União tanto na manutenção quanto na aplicação daquilo que é auferido pela lei. Segundo site do Governo Federal⁴, entre os anos de 2012 e 2014, cerca de R\$ 1,2 bilhão foi disponibilizado aos municípios e Distrito Federal para a execução da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Dessa forma, é importante a conscientização da população e dos gestores, afim que se assegure o bom uso dos recursos públicos.

REFERÊNCIAS

- ABD, Manaf Latifah; SAMAH, Mohd Armi Abu; ZUKKI, Nur Ilyana Mohd. Municipal solid waste management in Malaysia: Practices and challenges. **Waste Management**, [s. l.], v. 29, n. 11, p. 2902–2906, 2009.
- ABRELPE, Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. **São Paulo: Grappa**, [s. l.], 2017.
- BASTO, Luciano; PINGUELLI, Luiz. Brazilian waste potential: energy, environmental, social and economic benefits. **Fuel and Energy Abstracts**, [s. l.], v. 45, p. 225, 2004.
- BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Câmara - Legislação**, 2010. p. 1–72. Disponível em: <https://fld.com.br/catadores/pdf/politica_residuos_solidos.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2018.
- BRASIL. Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Lei no 12.305/2010). In: BRASÍLIA: DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO 2011, **Anais...** [s.l: s.n.] Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf>. Acesso em: 18 set. 2018.
- CECHIN, Luis Antonio et al. O impacto das regras do Programa Bolsa Família sobre a fecundidade das beneficiárias. **Revista Brasileira de Economia**, [s. l.], v. 69, n. 3, p. 303–329, 2015. Disponível em: <<http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/0034-7140.20150014>>
- CETRULO, Tiago Balieiro et al. Effectiveness of solid waste policies in developing countries: A case study in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 205, p. 179–187, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618328142>>. Acesso em: 5 dez. 2018.
- CHAVES, Gisele De Lorena Diniz; DOS SANTOS, Jorge Luiz; ROCHA, Sandra Mara Santana. The challenges for solid waste management in accordance with Agenda 21: A Brazilian case review. **Waste Management and Research**, [s. l.], v. 32, p. 19–31, 2014.
- DUARTE, Regina; MACHADO, Richardson Miranda. Efeitos Do Tratamento De Resíduos Sólidos Na Saúde E Na Economia. [s. l.], n. 67, p. 159–161, 2015.
- FONTES, Luiz Felipe Campos; CONCEIÇÃO, Otavio Canozzi; JACINTO, Paulo de Andrade. Evaluating the impact of physicians’ provision on primary healthcare: Evidence from Brazil’s More Doctors Program. **Health Economics (United Kingdom)**, [s. l.], v. 27, n. 8, p. 1284–1299, 2018.
- GERTLER, Paul J. et al. **Impact Evaluation in Practice**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://siteresources.worldbank.org/EXTHDOFFICE/Resources/5485726-1295455628620/Impact_Evaluation_in_Practice.pdf>
- GOLLO, Rogério et al. Três anos após a regulamentação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS): seus gargalos e superações. [s. l.], p. 80, 2014.
- KREITH, Frank; TCHOBANOGLIOUS, George. **Handbook of Solid Waste Management**. [s.l: s.n.]. v. 13 Disponível em: <<https://sanitarac.pro/wp-content/uploads/2017/07/Solid-Waste-Management.pdf>>. Acesso em: 1 maio. 2018.
- MOUSTAKAS, M. et al. Growth and some photosynthetic characteristics of field grown *Avena sativa* under copper and lead stress. [s. l.], v. 30, n. 3, p. 389–396, 1994.

⁴ Governo do Brasil. Link <<http://www.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2014/08/tire-suas-duvidas-sobre-a-politica-de-residuos-solidos>>. Acesso em 02 de agosto de 2018.

- OGWUELEKA, T. Ch. MUNICIPAL SOLID WASTE CHARACTERISTICS AND MANAGEMENT IN NIGERIA. **Journal of Environmental Health Science & Engineering**, [s. l.], v. 6, n. 3, p. 173–180, 2009. Disponível em: <www.SID.ir>. Acesso em: 27 ago. 2018.
- OKAWARA, Jonas Manabu. **AVALIAÇÃO DE IMPACTO DA POLÍTICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA SAÚDE**. 2018. Fundação Getulio Vargas, [s. l.], 2018.
- ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, [s. l.], v. 70, n. 1, p. 41–55, 1983.
- SHAYLER, Hannah; MCBRIDE, Murray; HARRISON, Ellen. Sources and Impacts of Contaminants in Soils. **Soil Sciences**, [s. l.], n. Cornell Waste Management Institute, p. 1–6, 2009. Disponível em: <http://cwmi.css.cornell.edu>
- SMITH, C. J.; HOPMANS, P.; COOK, F. J. Accumulation of Cr, Pb, Cu, Ni, Zn and Cd in soil following irrigation with treated urban effluent in Australia. **Environmental Pollution**, [s. l.], v. 94, n. 3, p. 317–323, 1996.
- SOARES, L. G. C.; SALGUERIO, A. A.; GAZINEU, M. H. P. Educação ambiental aplicada aos resíduos sólidos na cidade de Olinda, Pernambuco—um estudo de caso. **Revista Ciências e Tecnologia**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 1–9, 2007. Disponível em: <http://www.unicap.br/revistas/revista_e/artigo5.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2018.
- SUOCHENG, Dong; TONG, Kurt W.; YUPING, Wu. **Municipal solid waste management in China: using commercial management to solve a growing problem** Utilities Policy. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.elsevier.com/locate/utilpol>. Acesso em: 29 ago. 2018.
- TROSCHINETZ, Alexis M.; MIHELICIC, James R. Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries. **Waste Management**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 915–923, 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2008.04.016>
- WOOLDRIDGE, Jeffrey M. Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data. **Booksgooglecom**, [s. l.], v. 58, n. 2, p. 752, 2002.
- WU, Jian et al. A quantitative analysis of municipal solid waste disposal charges in China. **Environmental Monitoring and Assessment**, [s. l.], v. 187, n. 3, 2015.

APÊNDICES

Apêndice A: Estatísticas descritivas para as regiões do Brasil

Tabela A.1 – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para a região norte do país

Variável	Total			Tratado			Controle		
	Obs.	Média	σ	Obs.	Média	σ	Obs.	Média	σ
Total RPU e RDO coletado (log)	4.376	7,95	1,78	1.131	8,35	1,81	3.245	7,81	1,74
Pop. atendida serviços coleta (log)	3.694	9,35	1,24	944	9,67	1,27	2.750	9,24	1,21
Despesas públicas com RSU	2.515	1,3e ⁶	6,3e ⁶	674	1,5e ⁶	7,1e ⁶	1.841	1,2e ⁶	6,1e ⁶
Despesas privadas com RSU	2.451	5,2e ⁶	7,1e ⁶	652	1,2e ⁶	1,3e ⁶	1.799	2,6e ⁶	1,3e ⁶
Tem Cooperativas de Catadores	2.537	0,16	0,37	710	0,24	0,42	1.827	0,14	0,34
Cobra por serviços de limpeza	4.597	0,08	0,27	1.192	0,09	0,29	3.405	0,07	0,26
Total coletado coleta seletiva (log)	293	-3,93	2,21	103	-4,43	1,9	190	-3,66	2,28
Pop. atendida diariamente	4.585	43,56	34,72	1.190	43,43	33,07	3.395	43,61	35,28
Pop. atendida 2 ou 3 vezes/semana	4.585	45,23	34,09	1.190	44,89	32,44	3.395	45,36	34,65
PIB <i>per capita</i> do município	14.351	7.234	8.151	3.424	7.345	6.229	10.927	7.200	8.666
Possui projeto de educ. ambiental	14.343	0,21	0,41	3.424	0,47	0,49	10.919	0,13	0,34
Proporção gasta com saneamento	11.448	0,01	0,02	2.746	0,01	0,03	8.702	0,01	0,02

Fonte: elaboração própria.

Tabela A.2 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para a região nordeste do país

Variável	Total			Tratado			Controle		
	Observ.	Média	σ	Observ.	Média	σ	Observ.	Média	σ
Total RPU e RDO coletado (log)	1.210	8,04	1,87	412	8,38	1,82	798	7,86	1,88
Pop. atendida serviços coleta (log)	1.036	9,35	1,4	353	9,66	1,33	683	9,2	1,41
Despesas públicas com RSU	669	1,2	4,2	224	1,7	6,3	445	1,1	2,7
Despesas privadas com RSU	630	4,1	1,8	212	6,2	2,6	418	3,1	1,2
Tem Cooperativas de Catadores	701	0,19	0,4	244	0,2	0,4	457	0,18	0,39
Cobra por serviços de limpeza	1.243	0,16	0,36	422	0,16	0,36	821	0,16	0,36
Total coletado coleta seletiva (log)	91	-4,33	2,36	34	-4,58	1,99	57	-4,18	2,56
Pop. atendida diariamente	1.246	38,67	33,11	424	39,4	33,74	822	38,28	32,79
Pop. atendida 2 ou 3 vezes/semana	1.246	46,55	32,98	424	46,1	33,35	822	46,77	32,81
PIB <i>per capita</i> do município	3.592	10.549	8.480	1.208	10.335	6.838	2.384	10657	9.200
Possui projeto de educ. ambiental	3.592	0,35	0,47	1.208	0,55	0,49	2.384	0,25	0,43
Proporção gasta com saneamento	2.720	0,01	0,02	963	0,01	0,03	1.757	0,01	0,02

Fonte: elaboração própria.

Tabela A.3 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para a região sudeste do país

Variável	Total			Tratado			Controle		
	Observ.	Média	σ	Observ.	Média	σ	Observ.	Média	σ
Total RPU e RDO coletado (log)	6.831	8,09	1,78	2.100	8,25	1,83	4.731	8,03	1,76
Pop. atendida serviços coleta (log)	5.513	9,49	1,42	1.649	9,62	1,47	3.864	9,44	1,39
Despesas públicas com RSU	4.717	2,5	3,3	1.483	2,1	1,1	3.234	2,7	4,1
Despesas privadas com RSU	4.649	6,6	5,5	1.454	6,1	3,4	3.195	6,8	6,3
Tem Cooperativas de Catadores	4.937	0,36	0,48	1.576	0,39	0,48	3.361	0,35	0,47
Cobra por serviços de limpeza	7.106	0,48	0,49	2.185	0,49	0,5	4.921	0,48	0,49
Total coletado coleta seletiva (log)	2.387	-3,08	1,7	794	-3,2	1,6	1.593	-3,03	1,72
Pop. atendida diariamente	7.136	44,97	38,08	2.202	45,34	38,59	4.934	44,81	37,86
Pop. atendida 2 ou 3 vezes/semana	7.135	48,35	37,87	2.202	48,607	38,22	4.933	48,2	37,72
PIB <i>per capita</i> do município	13.344	18.289	24.562	3.848	19.811	20.645	9.496	17.671	25.957
Possui projeto de educ. ambiental	13.336	0,23	0,42	3.848	0,43	0,49	9.488	0,14	0,35
Proporção gasta com saneamento	11.612	0,02	0,03	3.237	0,02	0,03	8.375	0,02	0,03

Fonte: elaboração própria.

Tabela A.4 – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para a região sul do país

Variável	Total			Tratado			Controle		
	Observ.	Média	σ	Observ.	Média	σ	Observ.	Média	σ
Total RPU e RDO coletado (log)	5.324	7,29	1,6	2.900	7,23	1,64	2.424	7,35	1,74
Pop. atendida serviços coleta (log)	4.272	8,91	1,3	2.327	8,89	1,31	1.945	8,94	1,38
Despesas públicas com RSU	4.050	6,4	5,7	2.202	2,9	9,1	1.848	1,1	8,4
Despesas privadas com RSU	4.060	1,6	1,1	2.209	9,5	3,5	1.851	2,4	1,5
Tem Cooperativas de Catadores	3.745	0,3	0,45	2.029	0,29	0,45	1.716	0,31	0,46
Cobra por serviços de limpeza	5.613	0,78	0,41	3.052	0,79	0,4	2.561	0,77	0,41
Total coletado coleta seletiva (log)	2.202	-1,93	1,61	1.274	-1,93	1,63	928	-1,92	1,57
Pop. atendida diariamente	5.617	21,16	29,81	3.052	22,23	30,5	2.565	19,89	28,91
Pop. atendida 2 ou 3 vezes/semana	5.617	64,21	34,24	3.052	63,74	34,48	2.565	64,77	33,94
PIB <i>per capita</i> do município	9.504	21.350	14.154	5.112	20.949	12.820	4.392	21.817	15.551
Possui projeto de educ. ambiental	9.504	0,28	0,45	5.112	0,4	0,49	4.392	0,14	0,34
Proporção gasta com saneamento	8.066	0,01	0,02	4.297	0,01	0,02	3.762	0,01	0,024

Fonte: elaboração própria.

Tabela A.5 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas para a região centro-oeste do país

Variável	Total			Tratado			Controle		
	Observ.	Média	σ	Observ.	Média	σ	Observ.	Média	σ
Total RPU e RDO coletado (log)	1.410	7,97	1,73	543	8,39	1,85	867	7,71	1,59
Pop. atendida serviços coleta (log)	1.166	9,23	1,3	442	9,53	1,45	724	9,04	1,17
Despesas públicas com RSU	865	3,2	1,9	356	3,4	1,7	509	3,1	2,1
Despesas privadas com RSU	838	3,4	2,3	346	7,6	3,5	492	4,9	1,6
Tem Cooperativas de Catadores	966	0,17	0,38	398	0,25	0,43	568	0,125	0,33
Cobra por serviços de limpeza	1.483	0,19	0,39	569	0,19	0,39	914	0,188	0,39
Total coletado coleta seletiva (log)	209	-3,26	1,7	106	-3,58	1,66	103	-2,93	1,68
Pop. atendida diariamente	1.488	46,36	35,15	576	51,28	34,47	912	43,25	35,23
Pop. atendida 2 ou 3 vezes/semana	1.487	44	34,53	576	41,44	34,11	911	45,92	34,71
PIB <i>per capita</i> do município	3.728	20.826	19.388	1.320	21.164	19.039	2.408	20.641	19.579
Possui projeto de educ. ambiental	3.728	0,29	0,45	1.320	0,53	0,49	2.408	0,16	0,37
Proporção gasta com saneamento	2.924	0,01	0,07	1.005	0,01	0,03	1.919	0,01	0,08

Fonte: elaboração própria.

Apêndice B: lista de tabelas contendo os coeficientes do efeito placebo para 1 ano antes do PMGIRS

Tabela B.1 - Efeito placebo do impacto da PNRS em todos os municípios brasileiros

Variável	Efeito em log (Brasil)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	- 0,042	-0,014	-0,039	-0,093
Serviço de coleta	0,016	0,005	-0,013	-0,015
Resíduos recuperados	0,116	0,158	0,505***	0,537**
Frequência da coleta	- 0,069	-0,038	0,099	0,231
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: *** p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1

Fonte: elaboração própria.

Tabela B.2 - Efeito placebo do impacto da PNRS nos municípios da região nordeste do Brasil

Variável	Efeito (Nordeste)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	-0,23	-0,26	-0,39	-0,304
Serviço de coleta	0,099	0,188	0,198	0,169
Resíduos recuperados	0,961	1,221	3,644**	3,963**
Frequência da coleta	0,027	-0,234**	-0,376	-0,211
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: *** $p < 0.01$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.1$

Fonte: elaboração própria.

Tabela B.3 - Efeito placebo do impacto da PNRS nos municípios da região norte do Brasil

Variável	Efeito (Norte)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	0,178	0,191	0,539	0,129
Serviço de coleta	-0,05	-0,206	-0,06	-0,301
Resíduos recuperados	2,457**	2,195*	-	-
Frequência da coleta	0,106	0,177	0,458	0,074
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: *** $p < 0.01$; ** $p < 0.05$; * $p < 0.1$

Fonte: elaboração própria.

Tabela B.4 – Efeito placebo do impacto da PNRS nos municípios da região sudeste do Brasil

Variável	Efeito (Sudeste)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	-0,022	-0,036	-0,069	-0,122
Serviço de coleta	0,011	0,012	0,02	0,02
Resíduos recuperados	0,335	0,343*	0,509***	0,570***
Frequência da coleta	-0,048	-0,024	-0,138	-0,232
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: *** p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1

Fonte: elaboração própria.

Tabela B.5 - Efeito placebo do impacto da PNRS nos municípios da região centro-oeste do Brasil

Variável	Efeito (Centro-Oeste)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	0,06	-0,089	-0,005	-0,002
Serviço de coleta	0,018	0,043	-0,015	-0,012
Resíduos recuperados	0,554	0,388	-	-
Frequência da coleta	0,176	-0,011	-0,535	-0,170
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: *** p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1

Fonte: elaboração própria.

Tabela B.6 - Efeito placebo do impacto da PNRS nos municípios da região sul do Brasil

Variável	Efeito (Sul)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Geração per capita de lixo	-0,068	0,021	-0,029	-0,091
Serviço de coleta	0,012	-0,03	-0,06	-0,085
Resíduos recuperados	-0,257*	-0,193	0,143	0,348
Frequência da coleta	-0,071	-0,045	-0,202	-0,245
Covariadas	Não	Sim	Não	Não
Propensity Score Matching (logit)	Não	Não	Sim	Sim
Erro padrão robusto	Não	Não	Não	Sim

Inferência: *** p<0.01; ** p<0.05; * p<0.1

Fonte: elaboração própria.