

# **Evidências relativas aos Custos de Resíduos Sólidos Urbanos Municipais: uma Análise dos Fatores Determinantes**

**Marta Chaves Vasconcelos** (PUCPR) - martacvasconcelos@hotmail.com

**Tatiana Marceda Bach** (PUCPR) - tatibach@gmail.com

**Daniela Matiollo** (PUCPR) - danymatiollo@yahoo.com.br

**Joel Junior** (PUCPR) - joelmunhozjunior@gmail.com

**Alceu Souza** (PUCPR) - alceu.souza@pucpr.br

**Wesley Vieira da Silva** (PUCPR) - wesley.vieira@pucpr.br

## **Resumo:**

*Este estudo objetiva analisar os fatores determinantes dos custos per capita dos resíduos sólidos urbanos de municípios paranaenses no ano de 2014. Nesta pesquisa, que emprega uma abordagem quantitativa e descritiva, foram coletados dados secundários de 227 municípios paranaenses. As variáveis analisadas foram: custo per capita de resíduos sólidos urbanos; execução da coleta seletiva pelo agente público; execução da coleta seletiva pelo agente privado; execução da coleta seletiva pelo agente público e privado; não existência da coleta e a densidade populacional município. Por meio da estimação do modelo da regressão linear múltipla, verificou-se que os fatores determinantes dos custos per capita de resíduos sólidos urbanos de municípios paranaenses são a densidade populacional e a presença de coleta seletiva realizada pelo agente privado. Conclui-se que aumentos nas variações da densidade populacional causaram variações nos custos e, a presença de agente executor da coleta seletiva ser empresa privada também representa aumentos nos custos dos municípios. Este estudo contribui no âmbito prático, aos gestores de políticas públicas em termos de identificar quais os fatores que influenciam os custos realizados com os Resíduos Sólidos Urbanos. Os gestores poderiam criar e implementar estratégias direcionadas à redução dos custos, com orientação de curto e longo prazo. Medidas de curto prazo poderiam enfatizar a realização de campanhas de conscientização da população e a construção de biodigestores para transformação dos resíduos sólidos Urbanos em energia ou combustível. E, como medidas de longo prazo, a construção de usinas de biogás em cidades nas quais seu volume demandaria tal execução.*

**Palavras-chave:** Custos de resíduos sólidos urbanos. Municípios Paranaenses. Gastos Públicos Municipais.

**Área temática:** Custos aplicados ao setor público

## **Evidências relativas aos Custos de Resíduos Sólidos Urbanos Municipais: uma Análise dos Fatores Determinantes**

**Resumo:** Este estudo objetiva analisar os fatores determinantes dos custos *per capita* dos resíduos sólidos urbanos de municípios paranaenses no ano de 2014. Nesta pesquisa, que emprega uma abordagem quantitativa e descritiva, foram coletados dados secundários de 227 municípios paranaenses. As variáveis analisadas foram: custo *per capita* de resíduos sólidos urbanos; execução da coleta seletiva pelo agente público; execução da coleta seletiva pelo agente privado; execução da coleta seletiva pelo agente público e privado; não existência da coleta e a densidade populacional município. Por meio da estimação do modelo da regressão linear múltipla, verificou-se que os fatores determinantes dos custos *per capita* de resíduos sólidos urbanos de municípios paranaenses são a densidade populacional e a presença de coleta seletiva realizada pelo agente privado. Conclui-se que aumentos nas variações da densidade populacional causaram variações nos custos e, a presença de agente executor da coleta seletiva ser empresa privada também representa aumentos nos custos dos municípios. Este estudo contribui no âmbito prático, aos gestores de políticas públicas em termos de identificar quais os fatores que influenciam os custos realizados com os Resíduos Sólidos Urbanos. Os gestores poderiam criar e implementar estratégias direcionadas à redução dos custos, com orientação de curto e longo prazo. Medidas de curto prazo poderiam enfatizar a realização de campanhas de conscientização da população e a construção de biodigestores para transformação dos resíduos sólidos Urbanos em energia ou combustível. E, como medidas de longo prazo, a construção de usinas de biogás em cidades nas quais seu volume demandaria tal execução.

**Palavras-chave:** Custos de resíduos sólidos urbanos. Municípios Paranaenses. Gastos Públicos Municipais.

**Área Temática:** Custos aplicados ao setor público.

### **1 Introdução**

O desafio que suplanta a gestão pública, tanto do município quanto de uma nação, se refere a criar estratégias que sustentem políticas sociais e econômicas considerando a estrutura municipal, de tal forma que as empresas sejam beneficiadas e gerem mais empregos, que a população tenha acesso aos serviços de educação, saúde, melhores condições de vida e o município cresça. Embora o desenvolvimento de cidades seja um condicionante de uma gestão pública eficiente, orientada ao crescimento econômico e a prosperidade da localidade, os gestores públicos também têm se deparado com outras implicações, que em sua maioria, estão vinculadas com avanço da localidade e com o modo de vida da população, como o volume de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).

Tal fato se torna de relevante análise, considerando o total de RSU gerados no Brasil. No ano de 2014, foram produzidos aproximadamente 78,6 milhões de toneladas, valor que representou um aumento de 3,2% se comparado ao ano anterior. Apesar de esta medida também ter sido superior ao crescimento populacional (0,9%), houve um discreto aumento na cobertura de serviços de coleta de RSU, que no ano de 2014 totalizou 71.260.045 toneladas coletadas (ABRELPE, 2014), incorrendo a custos municipais. Assim, o Brasil apresentou um índice de coleta de RSU de 90,6% e pouco mais de 7 milhões de toneladas deixaram de ser coletadas no país, que conseqüentemente, foram destinadas imprópriamente. Em decorrência disso, os

impactos nos custos públicos relacionados à gestão de resíduos emergem como proposições questionáveis que merecem engajamentos de pesquisa e análise.

Na configuração desta abordagem, a temática dos custos de RSU tem despertado, cada vez mais, o interesse da comunidade acadêmica no que concerne a análise de seus efeitos. Alguns estudos avaliaram a influência da população, presença de coleta seletiva e existência de empresas públicas ou privadas que realizam a coleta nos custos *per capita* em capitais brasileiras (RODRIGUES; MAGALHÃES FILHO; PEREIRA, 2016), o impacto de condições de topografia e trafegabilidade desfavoráveis no custo para a realização da limpeza pública (FONSECA, 2006), a eficiência produtiva da logística do custo de RSU (ICHINOSE; YAMAMOTO; YOSHIDA, 2013), a eficiência da gestão de RSU dos municípios (DOSTÁLOVÁ, 2014) e o emprego do índice Malmquist de produtividade para medir e analisar as alterações de eficiência de custos de RSU (JAEGER; ROGGE, 2013). Ichinose, Yamamoto e Yoshida (2013) argumentam que poucos economistas perceberam a importância do custo da coleta de RSU e que a literatura sobre esta questão ainda se apresenta um pouco fragmentada.

Diante do contexto ora apresentado, esta pesquisa tem como objetivo analisar os fatores determinantes dos custos de RSU nos municípios paranaenses no ano de 2014. Considerando que a tomada de decisão de gestores públicos no gerenciamento de RSU pode estar sujeito à distorções do mercado, tais como subsídios ocultos, regulamentações e ineficiência das operações do setor público, torna-se interessante identificar as variáveis que impactam no custo de RSU, bem como, se existe influência no custo de RSU do serviço de coleta prestado por entidades vinculadas ao poder público ou à empresas privadas, mediante licitação. Para tal, coletaram-se dados secundários de uma amostra de 227 cidades paranaenses relativas ao custo *per capita* de resíduos sólidos urbanos, coleta seletiva no município, execução da coleta seletiva pelo agente público, pelo agente privado, pelo agente público e privado, a não existência da coleta e a densidade populacional do município. A partir desses dados foi estimada a regressão linear múltipla para verificar os fatores que determinavam aumento ou redução nos custos de RSU. Embora o estudo de Rodrigues, Magalhães Filho e Pereira (2016) tenha sido utilizado como suporte basilar ao analisar os determinantes dos custos de RSU das capitais brasileiras, a presente pesquisa se difere da investigação dos referidos autores ao analisar os fatores determinantes dos custos de RSU nas cidades do Estado do Paraná, além do roteiro metodológico empregado e as respectivas contribuições teóricas e práticas.

Quanto à perspectiva prática, este estudo pretende contribuir, em especial, mas sem que esta enunciação seja limitativa, com os gestores de políticas públicas quanto à identificação dos fatores que influenciam os custos provenientes dos RSU. Ademais, a identificação das variáveis que interferem nos custos das cidades paranaenses aponta como promissora contribuição científica para identificação das possíveis falhas no processo de gestão que incrementem em custos. Assim, pretende-se oportunizar direcionamentos para futuros trabalhos na área em questão e propor aos gestores a possibilidade de criação de estratégias direcionadas à redução dos gastos públicos para a realização desse serviço.

Assim, este artigo está estruturado em cinco seções, iniciando pela introdução, na sequência é apresentada a fundamentação teórica, com destaque para os custos de Resíduos Sólidos e a estrutura de mercado e arranjos organizacionais. Na seção subsequente tem-se a metodologia utilizada. Posteriormente, a análise dos resultados e, por fim, as considerações finais desta pesquisa.

## 2 Referencial Teórico

### 2.1 Custos de Resíduos Sólidos

Os resíduos sólidos urbanos são resíduos de atividades domésticas e de limpeza urbana: originários de residências, da varrição urbana, limpeza de logradouros e vias públicas, bem como de outros serviços de limpeza urbana (Lei Federal nº 12.305/10). Para os municípios, os resíduos sólidos urbanos (RSU) incorrem em custos e, dependendo da topografia da localidade, da densidade demográfica presente e do tipo de serviço prestado à população, este custo pode apresentar variações (FONSECA, 2006; RODRIGUES; MAGALHÃES FILHO; PEREIRA, 2016). Outro fator que também pode incorrer em um maior ou menor custo é o hábito cultural da população. Sociedades que apresentam maior engajamento e solidariedade orientados à sustentabilidade, tendem a apresentar custos menores com limpeza, logo maior a facilidade de implantação de programas de coleta seletiva. Ao analisar os custos de RSU das capitais brasileiras, Rodrigues, Magalhães Filho e Pereira (2016) verificaram influência quando a empresa que realiza a coleta é privada e pela existência da coleta seletiva. Sobre isso, Massukado *et al.* (2013) argumentam que podem haver duas situações: a primeira é que as operações do aterro realizada por empresas privadas pode ser mais rigorosa considerando às exigências ambientais, que, por conseguinte, incorrem em mais custos, e, a segunda, é que as prefeituras podem apresentar dificuldades para mensurar os custos de RSU.

Ao analisar a região metropolitana de São Paulo, Jacobi e Besen (2011) verificaram que em razão da existência de áreas de proteção ambiental, os RSU são direcionados às áreas distantes dos municípios, incorrendo em aumentos em seus custos. Massukado *et al.* (2013) verificaram que o custo de RSU diminui à medida que a quantidade de resíduos aumenta, culminando em ganhos de escala nos municípios de maior porte. Jacobi e Besen (2011) argumentam que no Brasil os serviços de coleta de RSU precisam ser aperfeiçoados e isso pode ser facilitado se gestores públicos criarem programas de gerenciamento municipal destinados aos RSU com volumes menores, aos volumes grandes de forma a condicionar o tipo de RSU gerado com procedimentos de triagem, disposição, transporte e um destino ideal. Sobre isso, uma iniciativa na gestão do RSU tornou-se bem sucedida na cidade de São Paulo. A criação de sistemas de captação e recuperação do gás metano oriundo dos RSU nos aterros públicos culminou na geração de energia elétrica, tornando esta atividade economicamente viável na venda de créditos de carbono (JACOBI, BESEN, 2011).

Embora os custos, em sua maioria, podem associar-se às características da localidade e da população, salienta-se que cada município pode apresentar peculiaridades locais que diferenciam seus custos das demais. Assim, identificar estes aspectos é relevante para melhor compreensão das políticas públicas adotadas, bem como, das estratégias e ações praticadas pelos gestores municipais. Cidades litorâneas, por exemplo, podem apresentar maior geração de RSU em épocas de veraneio, logo os custos de resíduos sólidos aumentam considerando o aumento da demanda e a necessidade adicional de funcionários e equipamentos. É ressaltado por Jacobi e Besen (2006) que a gestão inadequada dos RSU representa danos ao meio ambiente e à população, em termos de poluição do solo e da água, aumento de enchentes e da proliferação de insetos que transmitem doenças.

No Japão, Ichinose, Yamamoto e Yoshida (2013) verificaram que características geográficas e o número de habitantes são determinantes da eficiência dos custos de resíduos sólidos urbanos. Também foi constatado pelos autores que, as prefeituras que utilizam do serviço de coleta de RSU de empresas privadas são mais eficientes do que as públicas. Para analisar tal efeito, os autores empregaram como técnica de estimação a Análise por Envoltória de Dados (DEA) em uma análise de 47 municípios. Como resultados, os autores identificaram que características geográficas e o número de habitantes, são fatores determinantes da

eficiência. Na República Tcheca, Dostálová (2014) analisou a eficiência da gestão de RSU no período de 2007 a 2012. Ao empregar a técnica DEA e regressão linear, a autora não identificou ineficiências substanciais na gestão, entretanto, verificou que se os municípios reduzissem cerca de 25% de seus custos, se tornariam mais eficientes.

A avaliação da eficiência dos custos de RSU de dois modelos comparativos de coleta foi realizada por Jaeger e Rogge (2013) na Bélgica. Por meio do índice de Malmquist de produtividade, a comparação foi realizada entre o modelo de coleta de RSU no qual a população insere os resíduos em sacolas específicas (denominado “*price per bag*”) e modelo baseado no peso dos resíduos, que é cálculo por um *container* presente nas residências (designado “*weight-based pricing*”). Neste último há necessidade de investimento em *containers* com *chip* de identificação das residências. Os autores concluíram que o modelo “*weight-based pricing*”, se torna mais custoso no curto prazo em comparação ao modelo “*price per bag*”. No longo prazo esta situação se modifica pois seu custo de implementação reduz no tempo, e por considerar o peso dos RSU gerados, a população tende a produzir menos resíduos, considerando que seu valor se fundamenta no peso.

Assim, considerando as principais pesquisas que permeiam os Custos de Resíduos Sólidos, fica evidente que os aspectos característicos da região, influenciam de forma distintiva nos custos. Tal fato também pode ser observado na Estrutura de Mercado de RSU, bem como nos arranjos organizacionais, podendo estes ser vislumbrados e compreendidos no tópico subsequente.

## 2.2 Estrutura de Mercado de Resíduos Sólidos Urbanos e Arranjos Organizacionais

Os custos dos RSU, tais como os serviços públicos de limpeza urbana, coleta e tratamento dos resíduos são influenciados pelas estruturas de mercados, as quais tem os preços definidos pelo poder de mercado das firmas, considerando a oferta e demanda dos serviços (RODRIGUES; MAGALHÃES FILHO; PEREIRA, 2016). As estruturas podem ser decompostas em mercados competitivos, cujas decisões de compra e venda são baseadas na oferta e demanda, e monopólios econômicos ou naturais (RODRIGUES; FILHO; PEREIRA, 2016). Segundo Galvão Júnior e Paganini (2009), os serviços de abastecimento de água e energia elétrica são exemplo de monopólio natural, inviabilizando a competição, ao contrário do monopólio econômico.

Em seu recente estudo Rodrigues, Filho e Pereira (2016) discutem as formas mais promissoras de prestação de serviços de RSU no Brasil. Os autores consideram os custos de transação um fator importante para a escolha, tendo como base a teoria do autor seminal da área Coase (1937), o qual aborda as formas de governança e sua influência nos custos de transações das empresas, tanto públicas quanto privadas. Basicamente, para que as empresas possam decidir qual a melhor forma de prestar os serviços públicos (mercado ou hierarquia), é necessária uma avaliação dos custos envolvidos em cada estrutura de governança (RODRIGUES; MAGALHÃES FILHO; PEREIRA, 2016).

No Brasil o arranjo institucional que orienta a estrutura de mercado de RSU dispõe de um regime de concessão da prestação do serviço público a partir de uma gestão associada de serviços que pode ser a associação voluntária, por convênio de cooperação ou por consórcio público (SILVA, 2015). Este último é estabelecido por dois ou mais entidades da federação (Estados, Município e o Distrito Federal). O órgão com maior proeminência em termos de gestão do RSU no Brasil é a administração pública direta, presente em 93,48% das cidades brasileiras (SILVA, 2015). No entanto a natureza jurídica dos órgãos responsáveis também podem ser empresas ou autarquias (2,3%), empresas públicas (3,4%) e sociedade mista (0,76%) (SILVA, 2015).

Em outros contextos, a configuração da estrutura de mercado de RSU é diferente. Em Portugal, por exemplo, este setor foi classificado por Marques e Simões (2009), em três mercados distintos. O mercado primário, que compreende os serviços de coleta de RSU, sendo realizado pelos municípios; o mercado secundário, que engloba o envio dos resíduos para tratamento, sendo executado por empresas regionais ou nacionais e por fim o mercado terciário, caracterizado pela reciclagem dos materiais e de responsabilidade de uma entidade privada, sem fins lucrativos (MARQUES; SIMÕES, 2009).

Bel et al. (2010) compararam os arranjos organizacionais dos governos da Espanha e dos Países Baixos para a prestação de recolha de resíduos sólidos. Os autores observaram algumas diferenças, tais como o uso de políticas de privatização e cooperação pela Espanha, e a preferência dos Países Baixos por empresas públicas e de concorrência, ressaltando a importância das duas opções para equilibrar os custos de transação e economias de escala. Nesse sentido, para tomar decisões com relação a maneira mais eficiente de oferecer bens e serviços, as formas de governança devem ser organizadas.

Com a mesma finalidade Post, Broekema e Obirih-Opareh (2003) examinaram os arranjos organizacionais privados em contraste com os serviços públicos, nas cidades de Acra e Hyderabad, localizadas em Gana e Índia, respectivamente. Os resultados mostraram semelhanças nas políticas de privatização das duas cidades, sendo importante para a consolidação o envolvimento da sociedade no que diz respeito a escolha do método mais adequado para a coleta de resíduos sólidos (POST; BROEKEMA; OBIRIH-OPAREH, 2003).

Seguindo a mesma linha, Jacobsen, Buysse e Gellynck (2013) averiguaram a eficiência nos custos dos serviços de recolha de lixo doméstico em 12 municípios da Bélgica. O estudo demonstrou menores custos no serviço privado, em relação ao serviço público. Porém não foi possível concluir de forma exata, devido à falta de transparência na formação dos custos relacionados ao serviço em geral (JACOBSEN; BUYSSE; GELLYNCK, 2013). Do mesmo modo, Jeong, Moon e Bae (2015) realizaram um estudo empírico na Coreia, para avaliar os arranjos institucionais de resíduos sólidos do país. Como o governo local utiliza tanto serviço privado como terceirizado, os autores buscaram investigar a eficiência nos custos e na produtividade, constatando melhores resultados nas entregas pública direta, ou seja, na privatização (JEONG; MOON; BAE, 2015).

### 3 Materiais e Métodos

Este estudo, de natureza quantitativa-descritiva, objetiva analisar os fatores que influenciam os custos *per capita* dos RSU de municípios paranaenses no ano de 2014. Para tal, coletaram-se informações de 324 municípios do Estado do Paraná na base de dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS). Assim, este estudo utiliza dados secundários referentes as variáveis: custo *per capita* de resíduos sólidos urbanos (CRSU), execução da coleta seletiva pelo agente público (ECPU), pelo agente privado (ECPR), pelo agente público e privado (ECPP), a não existência da coleta (NEXC) e a densidade populacional do município (DPOP). Ressalta-se que em relação as variáveis ECPU, ECPR, ECPP e NEXC foram utilizadas variáveis binárias, indicando os valores de 1 para sua presença e 0 para sua ausência.

O custo *per capita* de resíduos sólidos urbanos (CRSU) foi estimado considerando a equação 1:

*Equação (1)*

$$CRSU = \sum \frac{DTSV + DTSM}{POP}$$

Onde:

*CRSU*: custo per capita de resíduos sólidos urbanos

*DTSV*: despesa total com serviço de varrição

*DTSM*: despesa total com serviços de manejo de RSU

*POP*: número total de habitantes do município

Na base de cálculo do valor dos CRSU foi empregado o somatório despesa total com serviço de varrição (DTSV), despesa total com serviços de manejo de RSU em função do número total de habitantes do município. O detalhamento das variáveis extraídas da base de dados da SNIS que compõe o custo de RSU é descrito como:

- a) **DTSV**: é a soma das despesas de varrição de vias e logradouros públicos realizadas pela prefeitura e empresas contratadas, referentes às despesas realizadas com pessoal próprio somadas às demais despesas operacionais com o patrimônio próprio do município, que incluem: despesas com materiais de consumo, ferramentas e utensílios, alugueis, energia, combustíveis, peças, pneus, licenciamentos e manutenção da frota, serviços de oficinas terceirizadas e outras despesas, inclui encargos e benefícios incidentes sobre a folha de pagamento do pessoal envolvido. Não inclui as despesas referentes ao serviço de varrição de vias e logradouros públicos realizadas com agentes privados executores;
- b) **DTSM**: é o valor anual da soma das despesas com serviços de manejo de RSU realizadas por agentes públicos e privados. **Agentes públicos**: incluiu a execução de serviços propriamente ditos mais a fiscalização, o planejamento e a parte gerencial e administrativa. Corresponde às despesas com pessoal próprio somadas às demais despesas operacionais com o patrimônio próprio do município (despesas com materiais de consumo, ferramentas e utensílios, alugueis, energia, combustíveis, peças, pneus, licenciamentos e manutenção da frota, serviços de oficinas terceirizadas e outras despesas). Inclui encargos e demais benefícios incidentes sobre a folha de pagamento do pessoal envolvido. **Agentes privados**: despesas referentes aos serviços de manejo de RSU realizadas com agentes privados executores, despesas com serviço da dívida (juros, encargos e amortizações); despesas de remuneração de capital; e despesas com depreciações de veículos, equipamentos ou instalações físicas.
- c) **POP**: número de habitantes dos municípios.

Para as variáveis execução da coleta seletiva pelo agente público (ECPU), pelo agente privado (ECPR) e pelo agente público e privado (ECP) foram utilizadas variáveis *dummy*. Optou-se por tal forma de mensuração em razão de no Brasil, serviços e limpeza urbana serem de responsabilidade do poder público, pois cada município apresenta um modelo de gestão próprio, adaptado de acordo com sua realidade. Sabe-se que o serviço pode ser realizado diretamente pelo município ou de forma terceirizada.

A população deste estudo consiste em todos os municípios do Estado do Paraná, totalizando 399 cidades. A amostra foi constituída pelos municípios presentes na base de dados da SNIS e que não apresentavam dados ausentes das variáveis em análise. Considerando que algumas cidades não apresentavam informações sobre o custo *per capita* de resíduos sólidos, optou-se por sua exclusão, sendo retirados da amostra 97 municípios, representando um percentual de 29,9% em relação ao total de cidades analisadas. Assim, a amostra final foi composta por 227 cidades. Embora a maior parte destes dados tenham sido divulgados, principalmente a partir de 2012, definiu-se o período de análise como sendo o ano de 2014 em

razão de haver maior convergência entre os dados e aos municípios em análise. Ademais, 2014 se configurou como o ano mais recente em que as informações foram divulgadas.

Para análise dos dados empregou-se o modelo de regressão linear múltipla, com método de estimação *backward*, que inclui todas as variáveis na estimação e elimina aquelas que não apresentam uma contribuição significativa estatisticamente (HAIR Jr. et al., 2005). Como variável dependente empregou-se o custo *per capita* de resíduos sólidos (CRSU) urbanos na forma de logaritmos neperianos. Como variáveis independentes as variáveis densidade populacional dos municípios (DPOP) em logaritmos, e as seguintes variáveis *dummy*: execução da coleta seletiva pelo agente público (ECPU), pelo agente privado (ECPR), pelo agente público e privado (ECPP) e a não existência da coleta (NEXC). Optou-se por utilizar as variáveis CRSU e DPOP em forma de logaritmo, em razão de haver muita variabilidade entre os municípios, pois a amostra foi composta por municípios pequenos, médios e grandes. Assim, o logaritmo é uma forma de minimizar a variação entre eles, permitindo que inferências estatísticas sejam realizadas. A estimação do modelo foi realizada no *software Statistical Package of Social Sciences (SPSS)* versão 21.

Ao empregar a regressão linear, é possível verificar a existência ou não de relações entre variáveis, assim como, a influência de um conjunto de variáveis independentes em uma ou mais variáveis dependentes.

As etapas de condução deste estudo podem ser visualizadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Etapas de condução desta pesquisa

Etapa	Procedimento	Método	Objetivo
Método de coleta de dados secundários	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS)	Com base no estudo de Rodrigues, Magalhães Filho e Pereira (2016) escolheram-se as variáveis: Custo <i>per capita</i> de resíduos sólidos urbanos (CRSU), execução da coleta seletiva pelo agente público (ECPU), pelo agente privado (ECPR), pelo agente público e privado (ECPP), a não existência da coleta (NEXC) e a densidade populacional do município (DPOP)	Identificar dados secundários relacionadas aos custos de resíduos sólidos com suporte teórico.
Preparação dos dados para análise	Realização de testes no software SPSS versão 21	a) verificação do teste F; b) Observação do valor de $R^2$ e b) teste VIF de multicolinearidade.	Pressuposto da Regressão Linear Múltipla
Análise dos dados		Análise das variáveis que apresentaram significância. Variável dependente: RSU. Variáveis independentes: densidade demográfica, ECPU, ECPR, ECPP e NEXC.	Estimar a relação entre a variável dependente e as variáveis independentes
		Os resíduos da regressão devem seguir uma distribuição normal.	Pressuposto da Regressão Linear Múltipla

Fonte: Elaborado pelos autores (2016).

Os pressupostos do modelo de regressão linear múltipla foram seguidos tal como sugere a literatura estatística. Para tanto, foram observadas as medidas de significância do teste F de Fisher da Análise de Variância (ANOVA), indicando que pelo menos uma das variáveis independentes explicam uma proporção significativa da variável dependente (MCGUIGAN et al., 2010). Observou-se o coeficiente de determinação ( $R^2$  ajustado) que indica a medida de adequação ao modelo e a existência ou não de multicolinearidade entre as variáveis independentes por meio dos indicadores do Fator de Inflação de Variância (VIF). Realizou-se o teste de normalidade dos resíduos não padronizados da regressão linear múltipla e, para conferir validade estimou-se a regressão linear múltipla com números aleatórios.

#### 4 Análise dos Dados e Resultados

Para verificar as características das variáveis que mensuraram os 227 municípios paranaenses investigados, inicialmente foram extraídas as suas estatísticas descritivas. A Tabela 1 apresenta seus resultados. Ressalta-se que para uma melhor visualização das medidas reais, optou-se por utilizar nas descritivas a população em nível, ou seja, sem qualquer transformação.

Tabela 1 – Estatística descritiva da amostra analisada

Variáveis	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Desvio-padrão
CRSU	3.70	352.49	54.66	66.45	47.3198
POP	1784	1864416	11321	35573.91	134502.657
ECPU	0	1	0	Dummy	Dummy
ECPR	0	1	0	Dummy	Dummy
ECPP	0	1	0	Dummy	Dummy
NEXC	0	1	0	Dummy	Dummy

Fonte: Dados da Pesquisa (2016).

A Tabela 1 indica que custo médio *per capita* de resíduos sólidos urbanos (CRSU) apresentou um valor médio de R\$ 66,45 com variações entre R\$ 3,70 para seu valor mínimo e R\$ 352,49 para seu valor máximo. O município que apresentou o maior CRSU em relação aos resíduos sólidos foi Entre Rios do Oeste, localizado na região oeste do Estado do Paraná. A cidade com o menor custo *per capita* foi Goioerê, localizado no noroeste. A média da população foi de 25,8, com variação entre 1.784 para o menor município, Alto Paraíso e 1.864.416 para a maior cidade, Curitiba. De uma forma geral, os cinco municípios que apresentam maior *custo per capita* em relação ao total da amostra foram: Entre Rios do Oeste (população 4.255), Mirador (população 2.345), Cafelândia (população 16.321), Ubiratã (população 21.916) e Boa Esperança (população 4.518). Estas cidades concentram-se entre as regiões Oeste e Noroeste do Estado do Paraná.

A Tabela 2 apresenta os resultados da estatística de Análise de Variância (ANOVA) e valor de significância do teste F de Fisher.

Tabela 2 – Análise de Variância (ANOVA)

Modelo	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	F	Sig.
Regressão	6,297	3	2,099	4,543	,004 <sup>b</sup>
Resíduos	102,577	222	,462		
Total	108,874	225			

Fonte: Dados da Pesquisa (2016).

Observa-se, na Tabela 2, que a significância do teste *F* de Fisher (valor-*p* = 0,004 < 0,05) indicou a presença de pelo menos uma variável independente que explica uma proporção significativa da variável dependente (MCGUIGAN et al., 2010). Sendo assim, existe regressão no modelo proposto.

Estimou-se o modelo de regressão linear múltipla com a variável dependente custo *per capita* de resíduos sólidos urbanos (CRSU) em logaritmo e, como variáveis independentes, a densidade populacional em logaritmo (DPOP) e as variáveis *dummy*: execução da coleta seletiva pelo agente público (ECPU), pelo agente privado (ECPR), pelo agente público e privado (ECPP) e a não existência da coleta (NEXC). Ao estimar o modelo de regressão, verificou-se que a presença da variável “não existência de coleta” (NEXC) suplantava a significância das demais variáveis *dummy*, não indicando significância estatística. Embora as demais medidas do modelo (Teste F, R<sup>2</sup> e VIF) tenham se apresentado resultado significativo, optou-se por excluir esta variável e estimar novamente o modelo de regressão, seus resultados podem ser visualizados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados da Estimativa da Regressão Linear Múltipla

Variáveis	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.	Estatísticas de colinearidade	
	B	Modelo padrão	Beta			Tolerância	VIF
(Constante)	3,484	,165		21,154	,000		
DPOP	,128	,049	,182	2,631	,009	,883	1,133
ECPR*	,279	,164	,117	1,700	,091	,904	1,107
ECPP	,074	,104	,051	,717	,474	,856	1,168

a. Variável dependente: CRSU

\*Significativo à 90% de confiança

Fonte: Dados da Pesquisa (2016).

Uma vez que não existe ainda na literatura pesquisada um modelo validado para estimativa do custo *per capita* de RSU, optou-se pelo método *backward*, com o objetivo de verificar qual o impacto da variável densidade demográfica e das variáveis *dummy* no custo *per capita* de resíduos sólidos estimado. Nesse sentido, não buscou-se estimar um modelo preditivo e sim explicativo, o que justifica o baixo valor de coeficiente de explicação ajustado que fora estimado ( $R^2$  ajustado de 4,5%) e que não afeta a qualidade do modelo para os fins propostos.

Verifica-se na Tabela 3, que as variáveis que se apresentaram significativas em relação aos custos de resíduos sólidos urbanos (CRSU) são a densidade populacional (DPOP) ( $\beta = 0,128$ ) e a coleta seletiva realizada pelo agente privado (ECPR) ( $\beta = 0,278$ ). A execução da coleta seletiva realizada pelo agente público e privado (ECPP) não apresentou significância. Mediante a estimação do método *backward*, que inclui todas as variáveis na estimação e elimina aquelas que não apresentam uma contribuição significativa, foi excluída do modelo a variável execução da coleta seletiva realizada pelo agente público (ECPU). Os valores do indicador VIF apresentaram-se no limite do aceitáveis, indicando que em razão de suas medidas não terem apontados valores altos ( $VIF < 10$ ) o que evidencia a ausência de multicolinearidade entre as variáveis independentes e não oferece impacto no processo de estimação. Realizou-se o teste de normalidade de *Kolmogorov-Smirnov* para os resíduos não padronizados da regressão e, considerando que o seu valor de significância (0,768) é maior do que 0,05 (valor-p  $> 0,05$ ), aceita-se a hipótese nula de que os resíduos sigam uma distribuição normal.

A estimação da regressão atingiu todos os pressupostos para realização de uma regressão linear múltipla. Assim, a Equação 2 apresenta o modelo explicativo da influência das variáveis independentes densidade populacional (DPOP) ( $\beta = 0,128$ ) e a coleta seletiva realizada pelo agente privado (ECPR) ( $\beta = 0,278$ ) nos custos de resíduos sólidos urbanos (CRSU), como pode ser visualizada:

Equação (2)

$$CRSU = \alpha + 0,128DPOP + 0,278ECPR$$

Assim, na condição *ceteres paribus*, o aumento na densidade populacional (DPOP) de 1 habitante por quilômetro quadrado aumentará os custos de resíduos sólidos urbanos (CRSU) em R\$ 0,128 centavos e a presença de coleta seletiva realizada pelo agente privado (ECPR) aumentará os CRSU em R\$ 0,278 centavos. Para validar o modelo proposto neste estudo, estimou-se novamente a regressão linear múltipla, utilizando o conjunto de validação com números aleatórios. Este procedimento, realizado no *software* XLSTAT, conferiu validade uma vez que para números aleatórios este modelo mostrou adequação em suas medidas, sendo seus valores de validação apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 – Modelo de validação da regressão linear múltipla com números aleatórios

Modelo	Soma dos Quadrados	df	Quadrado Médio	F	Sig.	R <sup>2</sup> Ajustado
Regressão	6,372	3	2,124	4,605	,004 <sup>b</sup>	0,046
Resíduos	101,942	221	0,461			
Total	108,315	224				

  

Variáveis	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Sig.	Estatísticas de colinearidade	
	B	Modelo padrão	Beta			Tolerância	VIF
(Constante)	3,473	0,165		21,069	<0,0001		
DPOP	0,131	0,049	0,188	2,705	0,007	0,880	1,136
ECPR*	0,275	0,164	0,115	1,680	0,094	0,904	1,106
ECPP	0,061	0,104	0,042	0,589	0,556	0,853	1,172

a. Variável dependente: CRSU

Fonte: Dados da Pesquisa (2016).

A Tabela 3 apresenta os valores de validação do modelo, realizado a partir de uma nova estimação com números aleatórios. Seus resultados apresentaram medidas iguais ou muito próximas nos parâmetros observados, posteriormente realizou-se o teste de normalidade dos resíduos da regressão e estes apresentaram uma distribuição normal. Assim, o emprego da técnica de regressão linear múltipla indicou validade à amostra testada.

Os resultados obtidos pelos municípios do Estado do Paraná, em termos de variação da DPOP aumentar os custos, corroboram com o estudo realizado por Rodrigues, Magalhães Filho e Pereira (2016). Assim, em cidades maiores, o aumento da população pode indicar aumento da cadeia logística para realização da coleta, do número de profissionais contratados e da área total do município para realização da varredura. Esse resultado é contraditório a ideia de que municípios paranaenses de maior porte geram ganhos de economia de escala, como proposto por Massukado et al. (2013). Podem haver municípios de grande porte em que a localização das áreas reservadas ao destino final dos RSU seja distante da área habitada e coletada, incorrendo no aumento dos custos, como evidenciado por Jacobi e Besen (2011).

Diante do exposto os fatores determinantes dos CRSU são a densidade populacional (DPOP) e a presença de coleta seletiva realizada pelo agente privado (ECPR). Torna-se relevante que gestores públicos criem e implementem estratégias direcionadas a redução dos gastos de realização desse serviço. Sobre isso, uma das formas de reduzir os custos e que impactam nos serviços de transporte, é aperfeiçoar ações direcionadas a aumentar a separação do lixo por parte da população pois, apesar de algumas pessoas criarem condutas de apoio a esta atividade, a maior parcela dos indivíduos ainda não os realiza. Diante disso, programas de conscientização poderiam ser mais expressivos, além de oferecer diferentes tipos de sacolas para que as pessoas depositem tipos específicos de lixo.

Outra forma de incentivar a coleta seletiva é a criação de cooperativas de reciclagem, onde é realizado a coleta do lixo, a separação conforme os tipos de materiais e, posteriormente a venda para empresas recicladoras. Assim, o sistema contribui de várias maneiras para o município, promovendo a limpeza da cidade, a preservação ambiental, a geração de emprego e de renda.

Uma outra alternativa que poderia suprimir o valor do custo, se refere a criação de usinas de biogás e/ou de digestores, como forma de aproveitar o lixo de aterros sanitários públicos e transformá-lo em gás combustível ou em energia elétrica, como forma de suprimir a demanda da população, considerando que tanto o combustível quanto a energia apresentaram aumento nos preços. A adoção destas medidas reduziria o impacto causado no meio ambiente e na qualidade de vida das pessoas, pois uma vez que uma cultura de separação é realizada e seu destino final se torna eficiente, as chances de criação de vetores de transmissão de doenças

também são reduzidas, assim o impacto também se estende à expectativa de vida da população municipal.

A forma de gestão empresa privada (ECPR) assumida pelo município também representa aumentos nos custos. Diante disso, iniciativas direcionadas à fiscalização das atividades realizadas pelas empresas privadas poderiam ser adotadas. É indicado por Massukado et al. (2013) que as empresas privadas podem apresentar maior rigor em suas operações de aterro sanitário considerando às exigências ambientais. No entanto, acredita-se que, para esta forma de gestão a criação de usinas e digestores contribuiria para a redução dos custos. Assim, a realização de campanhas de conscientização relacionadas a separação do lixo e também, a construção de biodigestores direcionados à transformação dos RSU em energia ou combustível pode ser uma medida a curto prazo. Como medidas de longo prazo, a construção de usinas de biogás em cidades nas quais seu volume demandaria tal execução.

## 5 Considerações Finais

Este estudo teve como objetivo analisar os fatores determinantes dos custos *per capita* dos resíduos sólidos urbanos de municípios paranaenses no ano de 2014. Verificou-se que o custo médio dos RSU é de R\$ 66,45 e que cinco municípios, localizados nas regiões Oeste e Noroeste do Paraná são os que apresentam o maior custo *per capita* em relação ao total da amostra: Entre Rios do Oeste, Mirador, Cafelândia, Ubiratã e Boa Esperança.

Os fatores determinantes dos custos *per capita* de resíduos sólidos urbanos de municípios paranaenses são a densidade populacional (DPOP) e a presença de coleta seletiva realizada pelo agente privado (ECPR). Assim, na condição *ceteres paribus*, o aumento na densidade populacional (DPOP) de 1 habitante por quilômetro quadrado aumentará os custos de resíduos sólidos urbanos (CRSU) em R\$ 0,128 centavos e a presença de coleta seletiva realizada pelo agente privado (ECPR) aumentará os CRSU em R\$ 0,278 centavos. Na estimação deste modelo todas as medidas convergiram para os valores adequados. O resultado de aumentos nas variações da densidade populacional causarem variações nos custos estão em concordância a pesquisa de Rodrigues, Magalhães Filho e Pereira (2016) realizada nos municípios de Minas Gerais.

A forma de gestão empresa privada (ECPR) assumida pelo município também representa aumentos nos custos. Diante disso, iniciativas direcionadas à fiscalização das atividades realizadas pelas empresas privadas poderiam ser adotadas. É indicado por Massukado et al. (2013) que as empresas privadas podem apresentar maior rigor em suas operações de aterro sanitário considerando às exigências ambientais. No entanto, acredita-se que, para esta forma de gestão a criação de usinas e digestores contribuiria para a redução dos custos. Assim, a realização de campanhas de conscientização relacionadas a separação do lixo e também, a construção de biodigestores direcionados à transformação dos RSU em energia ou combustível pode ser uma medida a curto prazo. Como medidas de longo prazo, a construção de usinas de biogás em cidades nas quais seu volume demandaria tal execução.

Este estudo contribui para os gestores de políticas públicas em termos de identificar quais os fatores que influenciam os custos realizados com os RSU. Assim, considerando que nos municípios paranaenses as variáveis que incrementam custos de resíduos sólidos são a densidade populacional e a existência de agentes privados que executam a coleta, os gestores podem criar e implementar estratégias direcionadas a redução dos custos com base nas medidas informadas. Para futuros estudos, sugere-se verificar a influência destas variáveis e da inclusão de novas variáveis em diferentes regiões do Brasil. Poderiam ser incluídas variáveis relacionadas à presença de usinas e digestores de biogás, como forma de verificar se a presença deles reduz os custos de resíduos sólidos urbanos.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos 2014**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 02 ago. 2016.

BEL, G.; DIJKGRAAF, E.; FAGEDA, X.; GRADUS, R.. Similar problems, different solutions: comparing refuse collection in the Netherlands and Spain. **Public Administration**, v. 88, n. 2, p. 479–495, 2010.

COASE, R. H. The Nature of the Firm. **Economica**, v. 4, n. 16, p. 386–405, 1937.

DOSTÁLOVÁ, K. **Hodnocení efektivnosti odpadového hospodářství obcí metodou DEA**. 2014. 125p. Master Thesis (Public Economy and Administration) - Faculty of Economics and Administration, Masarykova univerzita, 2014.

FONSECA, A. M. **Metodologia para auditoria de serviços de limpeza urbana, com enfoque nos custos de coleta de resíduos sólidos urbanos**. Curitiba: TCE, 2006.

GALVÃO JÚNIOR, A. C.; PAGANINI, W. S. Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 79-88, 2009.

JAEGER, S. de; ROGGE, N. Waste pricing policies and cost efficiency in municipal waste services: the case of Flanders. **Waste Management & Research**, v. 31, n. 17, p. 751-758, 2013.

HAIR JR., J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ICHINOSE, D.; YAMAMOTO, M.; YOSHIDA, Y. Productive efficiency of public and private solid waste logistics and its implications for waste management policy. **IATSS Research**, v. 36, n. 2, p. 98-105, 2013.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Gestão de resíduos sólidos na região metropolitana de São Paulo: avanços e desafios. **São Paulo em Perspectiva**, v. 20, n. 2, 2006.

\_\_\_\_\_. Gestão de resíduos sólidos em São Paulo: desafios da sustentabilidade. **Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135-158, 2011.

JACOBSEN, R.; BUYASSE, J.; GELLYNCK, X. Cost comparison between private and public collection of residual household waste: Multiple case studies in the Flemish region of Belgium. **Waste Management**, v. 33, n. 1, p. 3-11, 2013.

JEONG, S. Y.; MOON, S. G.; BAE, S. A comparative study of the effects of institutional arrangements in municipal solid waste services in Korea. **Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice**, p. 1-23, 2015.

MARQUES, R. C.; SIMÕES, P. Incentive regulation and performance measurement of the Portuguese solid waste management services. **Waste Management & Research**, v. 27, p. 188-196, 2009.

MASSUKADO, L. M.; MILANEZ, B.; LUEDEMANN, G.; HARGRAVE, J. Diagnóstico da gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil: uma análise pós PNSB 2008 - ênfase na destinação final e nos resíduos orgânicos. **Revista DAE**, n. 192, mai./ago. 2013.

MCGUIGAN, J. R.; MOYER, R. C.; HARRIS, F. H. de B. **Economia de empresas**: aplicações, estratégia e táticas. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

POST, J.; BROEKEMA, J.; OBIRIH-OPAREH, N. Trial and error in privatisation: experiences in urban solid waste collection in Accra (Ghana) and Hyderabad (India). **Urban Studies**, v. 40, n. 4, p. 835-852, 2003.

RODRIGUES, W.; MAGALHÃES FILHO, L. M.; PEREIRA, R. dos S. Análise dos determinantes dos custos de resíduos sólidos urbanos nas capitais estaduais brasileiras. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 8, n. 1, p. 130-141, 2016.

SILVA, J. S. da. Gestão de resíduos sólidos e sua importância para a sustentabilidade urbana no Brasil: uma análise regionalizada baseada em dados do SNIS. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, v. 12, p. 61-70, jul./dez. 2015.