

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

**FATORES DETERMINANTES DOS CUSTOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
NOS MUNICÍPIOS MINEIROS**

LUCAS FONSECA CAMARGO

Mariana, MG

2021

LUCAS FONSECA CAMARGO

**FATORES DETERMINANTES DOS CUSTOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
NOS MUNICÍPIOS MINEIROS**

Monografia apresentada ao Curso De Ciências Econômicas Do Instituto De Ciências Sociais Aplicadas (ICSA) da Universidade Federal De Ouro Preto, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientadora: Profa. Dra. Rosangela Aparecida Soares Fernandes

Mariana, MG

2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E APLICADAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS



FOLHA DE APROVAÇÃO

Lucas Fonseca Camargo

Fatores determinantes dos custos dos resíduos sólidos urbanos nos municípios mineiros

Monografia apresentada ao Curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas

Aprovada em 12 de agosto de 2021

Membros da banca

Doutorado- Rosângela Aparecida Soares Fernandes - Orientador(a) - Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP
Doutorado - Cristiane Marcia dos Santos - Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP
Doutorado - Chrystian Soares Mendes - Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

Rosângela Aparecida Soares Fernandes, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 17/08/2021



Documento assinado eletronicamente por **Rosângela Aparecida Soares Fernandes, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 12/08/2021, às 13:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0206049** e o código CRC **D0929658**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.008177/2021-84

SEI nº 0206049

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35400-000
Telefone: - www.ufop.br

AGRADECIMENTOS

Com imensa gratidão, dedico este trabalho a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Agradeço aos meus pais, André e Daniela pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Por acreditarem no meu sonho e fazer de tudo para chegasse até aqui.

A minha companheira Mariana, por todo carinho compreensão e suporte nas horas mais difíceis. Sem os seus conselhos tudo seria mais difícil.

Aos meus irmãos da República Insônia, por todos os bons momentos, pelo companheirismo, pelas nossas conquistas e por uma amizade que será eterna.

A todo corpo docente do DEECO, pelo suporte durante toda a graduação. Em especial, agradeço a Rosangela Aparecida Soares Fernandes, pela paciência e orientação durante esse momento tão difícil.

RESUMO

Esse trabalho teve como objetivo analisar, de forma empírica, os principais fatores determinantes de custo *per capita* de resíduos sólidos urbanos nos municípios mineiros. Para tal foram estimadas modelos de regressão múltipla linear a fim de identificar quais as variáveis são relevantes para explicar os custos de manejo dos resíduos sólidos urbanos em 490 municípios mineiros, com dados para o ano de 2019. As variáveis analisadas foram: custo per capita de resíduos sólidos urbanos; execução da coleta por agente público; execução da coleta por agente privado; execução da coleta mista; não existência de coleta seletiva e o porte do município. Os resultados obtidos nesse trabalho sugeriram que a forma de manejo escolhida é o fator que apresenta o maior impacto na gestão dos resíduos sólidos urbanos. esse estudo pode contribuir na identificação da estrutura de serviço com melhor desempenho financeiro, isso dentre as opções permitidas pela legislação brasileira. Considerando os municípios mineiros fica evidente que a criação de macrorregiões e parcerias intermunicipais podem gerar ganhos no que tange a diminuição do custo per capita do manejo de resíduos sólidos urbanos.

Palavras-chave: Custo de resíduos sólidos urbanos. Municípios Mineiros. Gastos Públicos Municipais.

ABSTRACT

This work aimed to analyze, in an empirical way, the main determinants of per capita cost of municipal solid waste in the municipalities of Minas Gerais. To this end, multiple linear regression models were estimated in order to identify which variables are relevant to explain the management costs of urban solid waste in 490 municipalities of Minas Gerais, with data for the year 2019. The variables analyzed were: per capita cost of urban solid waste; execution of collection by public agent; execution of collection by private agent; execution of mixed collection; non-existence of selective collection and the size of the municipality. The results obtained in this work suggested that the management form chosen is the factor that presents the greatest impact on the management of municipal solid waste. This study may contribute to the identification of the service structure with the best financial performance, among the options allowed by the Brazilian legislation. Considering the municipalities of Minas Gerais it is evident that the creation of macro-regions and intermunicipal partnerships may generate gains in terms of the reduction of the per capita cost of the management of urban solid waste.

Key-words: Cost of urban solid waste. Municipalities of Minas Gerais. Municipal Public Spending.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil 2010-2019.....	24
Tabela 2 – Estatística descritiva da amostra analisada.....	25
Tabela 3 – Análise de Variância (ANOVA).....	26
Tabela 4 – Resultados da Estimativa de Regressão Linear Múltipla.....	26
Tabela 5 – Análise de Variância (ANOVA).....	28
Tabela 6 – Resultados da Estimativa de Regressão Linear Múltipla.....	28
Tabela 7 – Predição de Custo per capita do RSU.....	30

LISTAS DE ANEXOS

Anexo A – Resultados da Estimativa de Regressão Linear Múltipla Inicial.....	35
Anexo B – Resultados Modelo Final.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

DEA - Análise por Envoltória de Dados

IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	O problema e a sua importância	9
1.2	JUSTIFICATIVA.....	11
1.3	OBJETIVOS	13
1.3.1	Objetivo Geral	13
1.3.2	Objetivos Específicos	13
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	14
3	BREVE PANORAMA SOBRE A COLETA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL.....	18
4	METODOLOGIA.....	22
4.1	Especificação do modelo econométrico	22
4.2	Variáveis e fontes de dados.....	23
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
5.1	Determinantes dos custos de resíduos sólidos urbanos nos municípios de minas gerais em 2019	26
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1 INTRODUÇÃO

1.1 O problema e a sua importância

A coleta de resíduos sólidos urbanos (RSU) é um dos principais pilares do saneamento básico. Boas práticas em sua gestão trazem impactos significativos para a vida de toda a população. O aumento do bem-estar atingido pelo crescimento na qualidade de vida é obtido através de um local saudável e digno de se habitar, sem doenças e enfermidades causadas ao ambiente. No Brasil, o planejamento e execução desses serviços, geralmente, é de responsabilidade dos municípios, que conforme destacaram Sujauddin et al (2008), têm o desafio de oferecer um sistema eficaz e eficiente à população. As cidades devem seguir à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que desde o ano de 2010, estabelece metas e diretrizes para todas as esferas do governo, com intuito de direcionar o Brasil para um caminho mais sustentável, respeitando a vida e o meio ambiente.

De acordo com Minghua et al. (2017), o crescimento populacional, a expansão econômica, a rápida urbanização e a elevação no padrão de vida das pessoas acelerou a taxa de geração de resíduos sólidos municipais nos países em desenvolvimento. O Brasil é um dos países que mais gera resíduos sólidos - materiais, substâncias e objetos descartados - cuja destinação final deveria receber tratamento com soluções economicamente viáveis, conforme a legislação e as tecnologias atualmente disponíveis. Entretanto, acabam sendo, parcialmente, despejados a céu aberto, lançados na rede pública de esgotos, ou até mesmo, queimados (ANTENOR E SZIGETHY, 2020).

Nos últimos 10 anos, a geração de resíduos sólidos urbanos tem aumentado no país, essa tendência crescente, tem superado o crescimento populacional registrado pelo IBGE. É o que mostra o documento Panorama 2020, levantamento de dados e análises consolidadas realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE anualmente. A edição de 2020 traz a comparação dos dados desde o ano de 2010 ao ano de 2019. De acordo com a pesquisa, o Brasil produziu cerca 79 milhões de toneladas de resíduos sólidos no ano de 2019, sendo que 92% deste total, ou seja, 72,7 milhões de toneladas foram atendidos pelo serviço de coleta. O que representa a geração de 379,2 kg/hab./ano. O estado de

Minas Gerais por sua vez foi gerador de 6,9 milhões de toneladas de resíduos e teve 92%, 6,3 milhões de toneladas de resíduos recolhidos pelo serviço de coleta.

Posteriormente à coleta, os resíduos são direcionados as estações de tratamentos, onde é realizada a sua triagem e, por último, levados a seu destino final. Podendo ser entregue aos aterros sanitários, aterros controlados, usinas de reciclagem, usinas de bioenergia ou até mesmo lixões. Nesse cenário o Panorama 2020 também apontou que 40,5% de todo o resíduo gerado no Brasil em 2019 tiveram destinação inadequada, indo parar em lixões e aterros controlados.

Destaca-se que, nos últimos anos, os municípios de pequeno e médio porte apresentaram um significativo déficit de prestação de serviço de coleta de resíduos (BRASIL, 2019). Segundo Matos e Dias (2011) os municípios menores são os mais desprovidos de recursos financeiros e não possuem pessoal técnico qualificado para realizar a gestão de RSU. Adicionalmente, conforme ressaltou Tassinari (2020), fatores como elevada quantidade e diversidade de resíduos sólidos (RS), áreas inadequadas para sua disposição, crescimento populacional e de consumo, expansão de área urbana, elevados custos nas etapas de manejo e cultura histórica de aplicação de recursos escassos, representam alguns dos obstáculos evidenciados nas municipalidades.

Vale ressaltar, de acordo com Fernandes (2001), que o custo na prestação de coleta de resíduos sólidos urbanos, pode onerar em até 20% do orçamento de pequenos municípios brasileiros. Assim, a escolha do modelo certo de execução do serviço na coleta, tratamento, transporte e destinação, pode gerar menores custos ao poder público e maior eficiência em seu processo.

Os grandes desafios dos estados e municípios estão nas mudanças a serem realizadas. A destinação final é um dos pontos chave nessa evolução, a substituição dos lixões por aterros sanitários controlados requer um grande investimento em infraestrutura, além disso, há a necessidade de aumentar o alcance do sistema de coleta, para atender a população por completo. Por fim, a triagem e tratamento, etapas de grande relevância para o reaproveitamento e reciclagem dos resíduos necessitam, além do investimento, do engajamento da população. Com todo esse cenário os gestores públicos encontram uma série de distorções de mercado, regulamentações, subsídios e ineficiência da esfera política em cada uma das etapas do ciclo do RSU.

Mediante esse contexto, compreender os fatores determinantes dos custos dos resíduos sólidos urbanos nos municípios é de extrema importância para o planejamento de políticas públicas, que devem atender a demanda de sua população e respeitar às recomendações ambientais. Neste trabalho, pretende-se utilizar os dados de 490 municípios mineiros que

preencheram todos os parâmetros reunidos no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), com o propósito de responder ao seguinte problema de pesquisa: Quais são os fatores determinantes de custo no processamento dos resíduos sólidos urbanos? Busca-se, portanto, determinar quais são as variáveis que mais oneram os cofres públicos das cidades mineiras.

Diante da escassez de estudos sobre essa temática, envolvendo os municípios mineiros, se faz necessária a realização dessa pesquisa que tem relevância para a economia e saúde pública. Nesse contexto, espera-se que os resultados dessa pesquisa possam direcionar os gestores formuladores de políticas públicas para as principais oportunidade de redução de gastos públicos e boas práticas.

1.2 Justificativa

A geração de resíduos sólidos faz parte do cotidiano de todas as civilizações, sua forma e processo de descarte vem sofrendo mudanças ao longo do tempo. A cada dia esse tema vem se tornando mais relevante nas pautas governamentais de saúde e desenvolvimento sustentável ao redor do mundo. Sabe-se que o correto manejo e destinação dos RSU impactam diretamente na qualidade de vida da população, reduzindo a possibilidade de doenças e enfermidades propagadas pelo ambiente. Porém, ainda existe grandes mudanças a serem realizadas no saneamento básico brasileiro. O governo traçou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) com propósito de unir todas as esferas do estado e proporcionar o correto manejo e destinação de todo o RSU produzido no Brasil.

Em agosto de 2010 foi aprovada, pelo governo a Lei N°12.305, que institui a PNRS, com o objetivo de padronizar a gestão e planejamento do manejo dos resíduos sólidos no âmbito nacional. Dentre os seus principais objetivos e princípios a PNRS busca a prevenção e a precaução, o desenvolvimento sustentável, a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental. Estes são só alguns dos 11 princípios e 15 objetivos presentes na Lei. Além disso, também direciona os planos nacionais, estaduais e municipais de resíduos sólidos. O Plano nacional deve ser elaborado com o escopo de 20 anos e atualizado a cada 4 anos, diagnosticando a situação atual e traçando metas de redução, reutilização, reciclagem com vista

a reduzir a disposição final inadequada, eliminação e recuperação de lixões, além de programas, projetos e ações para o atendimento destas metas.

Entretanto, após dez anos da aprovação do PNRS, ainda existe uma escassez de estudos que analisam quais são os fatores determinantes dos custos de RSU no país. Além desse fato, outro fator que motivou o desenvolvimento deste trabalho, foi a necessidade de investigar quais são as variáveis responsáveis por gerar maiores gastos públicos para a realização da coleta dos resíduos sólidos urbanos, especificamente nos municípios mineiros. A escolha do estado de Minas Gerais como mercado geográfico, justifica-se pela presença de significativa heterogeneidade entre os seus municípios, no que tange aos aspectos sociais, demográficos, políticos e econômicos.

Após a aprovação da Lei 12.305 que institui a PNRS no Brasil, observou-se, através do relatório Panorama 2020, elaborado pela ABRELPE que em Minas Gerais, assim como no todo o Brasil, houve um aumento na geração de RSU entre os anos de 2010, ano da aprovação da PNRS, e 2019. Este aumento não foi acompanhado de forma proporcional pelo atendimento do serviço de coleta executada pelos municípios. Além disso, em boa parte das cidades, não se verifica a existência de programas de coleta seletiva. Com base no mesmo relatório o estado mineiro aumentou em 22,8% a geração de resíduos, crescimento maior do que a média brasileira, que teve um aumento de 18,5% na produção de RSU entre os anos de 2010 e 2019. Os avanços na geração de RSU são decorrentes do aumento no consumo das famílias, pelo aumento no nível de renda e aperfeiçoamento dos produtos que vem crescendo ao longo do tempo. Por outro lado, a respeito da coleta, diferentemente do que se verifica no país, um crescimento na taxa de coleta de 88% para 92% da população, Minas apresentou uma diminuição na população atendida de 95,3% para 92% no mesmo período de 10 anos.

No tocante a reciclagem Minas Gerais está muito atrás das práticas mais sustentáveis apresentadas pelas regiões mais desenvolvidas do país. De acordo com os dados referente ao exercício de 2019 coletados pelo Sistema Nacional De Informações Sobre Saneamento (SNIS) das 625 cidades mineiras que responderam o questionamento sobre a existência de programas de coleta seletiva, apenas 190 cidades responderam “sim”, o que representa menos de 30% dos municípios do estado. Este percentual, difere dos seus estados vizinhos, São Paulo e Rio de Janeiro, que apresentam respectivamente 53% e 40% das cidades com programa de coleta seletiva.

Conforme destacaram Caldeira, Rezende e Heller (2009) a respeito dos resíduos sólidos domiciliares no estado mineiro, tem-se uma grande diferenciação, tanto no que tange à coleta

domiciliar quanto no que diz respeito à disposição final dos resíduos sólidos urbanos nos municípios. Cerca de 8% de todo o resíduo sólido gerado no estado, ainda é destinado a área de descarte inapropriada, o que corresponde a uma média de 530 mil toneladas por ano de RSU sem tratamento, depositadas em lixões a céu aberto sem nenhum tipo de tratamento. A maior parte dos resíduos é destinada a aterros sanitários, porém, grande parte destes não possuem todos os requisitos e licenças ambientais (SNIS, 2020).

Mediante as especificidades e complexidades que envolvem a gestão de coleta dos RSU nos municípios mineiros, bem como os diferentes fatores que podem determinar os seus custos, justifica-se a realização da presente pesquisa.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral identificar os principais fatores determinantes de custo de coleta de RSU nos municípios do estado de Minas Gerais, no ano de 2019.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Apresentar um panorama a respeito da coleta dos resíduos sólidos urbanos no país, destacando os principais aspectos no que tange a sua gestão de coleta, como por exemplo, tratamento, destinação, dentre outros.
- b) Identificar, empiricamente, os principais fatores determinantes dos custos de resíduos sólidos urbanos nos municípios mineiros em 2019.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Os resíduos sólidos urbanos são provenientes de atividades domésticas e de limpeza urbana gerados pelas residências, varrição urbana, limpeza de logradouros e vias públicas dentre outros serviços de limpeza urbana. A coleta dos resíduos sólidos urbanos gera custos para os municípios e, dependendo da topografia municipal, densidade demográfica e do tipo de serviço prestado à população, este custo pode apresentar variações (RODRIGUES; MAGALHÃES FILHO; PEREIRA, 2016). Apesar dos custos, em sua maioria, estarem associados às características da localidade e da população, cada município pode apresentar especificidades locais que diferenciam seus custos dos demais. Assim, identificar estes aspectos é relevante para melhor compreensão das políticas públicas adotadas, bem como, das estratégias e ações praticadas pelos gestores municipais.

Ressalta-se que a geração e os custos de coleta de RSU, consistem em uma realidade preocupante no cenário nacional. Os resíduos sólidos urbanos representam um problema da atualidade em razão da grande quantidade produzida, além da ineficiência no processo de sua disposição final que geram graves problemas ambientais, sociais e também a saúde humana.

Mediante o exposto, neste capítulo, apresenta-se uma breve revisão de literatura a respeito dos estudos que abordam sobre a gestão de resíduos sólidos urbanos, especialmente, no que tange aos determinantes dos custos de sua coleta. De maneira geral, destacam-se os trabalhos mais recentes encontrados na literatura enfocando, especificamente, os seus objetivos, metodologias aplicadas e os principais resultados encontrados em cada estudo. Estudos que abordam sobre esse tema, possibilita a realização de reflexões acerca do problema de forma ampla.

Massukado (2013) realizou uma análise diagnóstica dos resíduos sólidos urbanos, a partir da utilização de dados quantitativos. O autor apresentou um panorama da destinação final do RSU e dos resíduos orgânicos. Esse diagnóstico foi baseado em três frentes, a primeira nacional, como frente secundária, as regiões e, por fim, os municípios, divididos por quantidade de habitantes. Como resultado primário desta análise, a autora indica a necessidade de criação de coletas seletivas, como solução para o melhor aproveitamento dos resíduos orgânicos. Atualmente, toneladas de resíduos orgânicos são descartados de forma inapropriada e poderiam ser reaproveitadas. O segundo ponto crítico é a necessidade de investimento em infraestrutura para combater a destinação final em lixões. A prioridade deveria ser os pequenos municípios

que, segundo os resultados, são os mais afetados e menos preparados no gerenciamento do RSU.

Ichinose, Yamamoto e Yoshida (2013), estimaram a eficiência dos serviços público e privado em 43 cidades do Japão. Com um sistema muito parecido com o do Brasil, no país asiático a responsabilidade do manejo e escolha da melhor forma de execução do serviço é determinada pelas prefeituras. Neste trabalho, foi analisado a quantidade de resíduos gerados e os gastos totais com o manejo, tanto pelo operador público quanto pelo operador privado. Para a realização desta análise, os autores utilizaram os dados disponibilizados pelo Ministério do Meio ambiente referente ao exercício de 2009. Por meio do método de Análise por Envoltória de Dados (DEA), foi calculada a eficiência de cada município. Como resultado da análise, diferente dos resultados brasileiros, no Japão quanto menor a densidade demográfica da cidade, maiores os custos de manejo de RSU. O trabalho concluiu que quanto menor a população e mais isolada, é necessário um gasto logístico maior na operação levando a assim ineficiência. Vale se destacar que a formação geográfica do Japão é diferente da brasileira por se tratar de uma formação de ilhas.

Dostálová (2014), comparou a eficiência entre os prestadores de serviço público e privado no manejo de RSU na República Checa. Para tal, utilizou o método de análise por envoltória de dados. A priori, as variáveis selecionadas para a especificação de seu modelo foram: gastos totais com manejo, população do município, volume coletado, área municipal, containers coletados e população atendida. Neste trabalho, construiu quatro possíveis modelos com as seis variáveis e, na sequência, testou algumas variáveis secundárias em sua regressão. Os resultados encontrados sugeriram que, as únicas variáveis que possuíram significância foram: tamanho dos municípios (utilizada com variável dummy para municípios com menos de 1000 habitantes); forma de pagamento (pagamento por quantidade ou per capita, também como variável dummy) e frequência de coleta. Como conclusão, o estudo apontou que os municípios poderiam reduzir em até 30% os custos com o manejo de RSU, caso diminuíssem a frequência de coleta e utilizassem como modelo o pagamento per capita. Mas ressaltou que nos casos de municípios com menos de 1000 habitantes o estudo de viabilidade deve ser feito de forma individual.

Rodrigues, Magalhães Filho e Pereira (2015) realizaram um estudo pioneiro sobre os custos de resíduos sólidos urbanos, abrangendo as capitais dos 26 estados brasileiros. Os autores buscaram discutir quais os principais fatores que influenciam de forma direta os custos do ciclo de vida dos resíduos urbanos. Para tal, estimaram um modelo econométrico, uma regressão

multivariada, por meio do software estatístico SPSS2. As variáveis utilizadas no trabalho foram: logaritmo para os custos per capita de RSU (\ln); população urbana; existência de coleta seletiva e a variável *dummy*, tipo de gestão na realização do serviço. Os resultados encontrados neste trabalho sugeriram que existe uma correlação positiva entre o tamanho da população e o custo per capita nas capitais brasileiros. Resultado esse, que quebrou a expectativa dos ganhos em escala quando maior for a população levantada na pesquisa. O segundo fator mais importante foi a execução da coleta seletiva, que gerou um custo maior para as capitais que a executam, evidenciado pelo fato de seu custo de execução ser maior. O terceiro fator de maior impacto foi a forma de gestão. Dentre os quatro tipos apresentados, a análise apontou que o monopólio público é o modelo com menor custos aos cofres, e a prestação de serviço pelo setor privado, quando utilizado o modelo de monopólio privado, aumenta ainda mais os custos de coleta. Os autores também deixaram claro a não possibilidade de calcular a qualidade da prestação desse serviço para analisar a execução pública ou privada.

Vasconcelos, Bach, Mاتيollo, Junior, Souza e Silva (2016) buscaram analisar os fatores determinantes dos custos per capita dos resíduos sólidos urbanos nos municípios paranaenses, por meio dos dados disponibilizados pelo SNIS de 2014. O autor estimou um modelo de regressão linear múltipla com método de estimação backward. As variáveis utilizadas na estimação, foram: custo per capita de resíduos sólidos urbanos (CRSU); foi utilizado na forma de logaritmos neperianos (variável dependente) e as explicativas, densidade populacional dos municípios (DPOP) em logaritmos; execução da coleta pelo agente público (ECPU) (*variável dummy*); execução da coleta pelo agente privado (ECPR) (*variável dummy*); execução da coleta pelo agente público e privado (ECP) (*variável dummy*); e não existência da coleta (NEXC) (*variável dummy*).

Os resultados encontrados no trabalho de Vasconcelos, Bach, Mاتيollo, Junior, Souza e Silva (2016) indicaram que a densidade da população e a coleta realizada pelo setor privado apresentam significância, e foram os geradores de maiores custos na gestão dos resíduos sólidos. Assim, um aumento na densidade populacional na razão de 1 habitante a mais por quilometro quadrado, *ceteris paribus*, aumentam os gastos públicos em 12 centavos. Portanto, quanto maior a população e sua densidade nas cidades, maior será a sua cadeia logística, impactando assim nos seus custos. Tais resultados convergiram com os resultados encontrados no trabalho de Rodrigues, Magalhães Filho e Pereira (2015). O Segundo fator determinante, a execução de coleta por órgão privado, também foi abordada por Massukado (2013). O

argumento principal é de que o setor privado se torna uma opção mais cara devido ao custo de cumprir obrigações e normas ambientais com maior rigor e controle do que o setor público.

Schappo, Ferreira e Santos (2017) realizaram uma pesquisa em municípios da Região Sul a fim de avaliar a eficiência dos gastos com os recursos aplicados pelos setores públicos e privados na coleta de RSU. Para tal, utilizou os dados secundários do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) de 2015. A metodologia utilizada foram a Data Envelopment Analysis (DEA) ou Análise Envoltória de Dados, que avalia o nível de eficiência de acordo com inputs e outputs selecionados.

Na sequência, realizou-se a correlação de Pearson, com o propósito de verificar se existia relação significativa entre a eficiência dos municípios e as despesas relativas à coleta de resíduos sólidos urbanos. Com os indicadores de eficiência, estimaram os modelos de Regressão Tobit e Mínimos Quadrados Ordinários, a fim de observar o comportamento das variáveis socioeconômicas IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal), PIB (Produto Interno Bruto) per capita e densidade demográfica, agregando a natureza jurídica das entidades responsáveis pelo serviço nas variáveis. Os resultados encontrados evidenciaram que apenas 15 municípios foram considerados eficientes, o que representou 3,64% dos municípios estudados, dos quais o estado do Paraná detém a maioria deles. Portanto, os autores concluíram que o manejo de resíduos sólidos urbanos se encontra precário na maioria dos municípios analisados e que aumentar os investimentos é insuficiente se não forem acompanhadas de mecanismos contábeis que auxiliem na gestão e controle por parte das autoridades públicas envolvidas.

Diante de toda a literatura estudada, observou-se a presença recorrente de alguns fatores determinantes dos custos de RSU. A forma de execução do serviço de coleta mostrou ser um fator constantemente presente nos estudos em diversas partes do mundo. Já os determinantes demográficos, também constantes nos estudos, foram apresentados de diferentes formas. Alguns trabalhos apresentaram através da densidade demográfica outros por quantidade de habitantes, contudo, os estudos apresentaram diferentes resultados. Enquanto em Ichinose, Yamamoto e Yoshida (2013) quanto menor a cidade maiores seus custos devido a perda de eficiência, os trabalhos de Rodrigues, Magalhães Filho e Pereira (2015) e Vasconcelos, Bach, Matiollo, Junior, Souza e Silva (2016) apontaram que quanto maior a população maior é o custo per capita para a realização do serviço. Logo, podemos observar diferentes métodos de gerenciamento de resíduos, que embora possuam suas particularidades, relacionam fatores

semelhantes aos seus resultados mesmo possuindo culturas, geografia e economia muito diferentes.

3 BREVE PANORAMA SOBRE A COLETA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL

No Brasil os municípios são os responsáveis pela gestão de resíduos sólidos urbanos, e contam com o apoio do governo federal e estadual para administração e fiscalização dessa tarefa. Porém, ainda existem muitos problemas no sentido de realizar a gestão desses resíduos de forma eficiente. Diante das diversas especificidades e perigos presentes em cada etapa do processo, os resíduos são divididos em categorias. Os produtos de origem doméstica, comercial e de varrição são denominados resíduos sólidos urbanos RSU.

Os resíduos sólidos urbanos são elementos materiais sem utilidade direta originados da atividade humana. O mais preocupante, contudo, é constatar que a coleta, tratamento, disposição correta e controle não é acessível a toda população brasileira. Não é exagero afirmar que o saneamento controla e limita os fatores do meio físico que influenciam na saúde física e mental da população, fazendo do meio ambiente seguro quanto a doenças e enfermidades (FERNANDES, 2001). A gestão e o correto manejo do RSU são de grande importância para a qualidade de vida da população, pois impacta na saúde e bem-estar de cada indivíduo.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) aponta que a responsabilidade de executar o serviço de saneamento, no que tange a coleta de resíduos sólidos, é de obrigação dos municípios, que podem se unir em microrregiões para realizar uma gestão integrada. O estado tem como sua principal função o controle e fiscalização, além de ser o foco estratégico na integração entre as cidades no planejamento, organização e execução. Contudo, a lei deixa claro que não é apenas o setor público que tem suas obrigações, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos deve ser atribuída aos fabricantes, importadores, comerciantes e consumidores. A união entre todos os setores têm os seguintes objetivos, desenvolver estratégias sustentáveis, reaproveitar os materiais em outras cadeias, reduzir a geração e desperdício, estimular o uso de materiais reciclados e incentivar boas práticas sócio ambientais.

O ciclo dos resíduos sólidos deve ser composto por cinco fases: geração, coleta, transporte, tratamento, destinação final. A PNRS surgiu como forma de estruturar o processo de planejamento da administração pública, criando diretrizes e estratégia para cada uma dessas

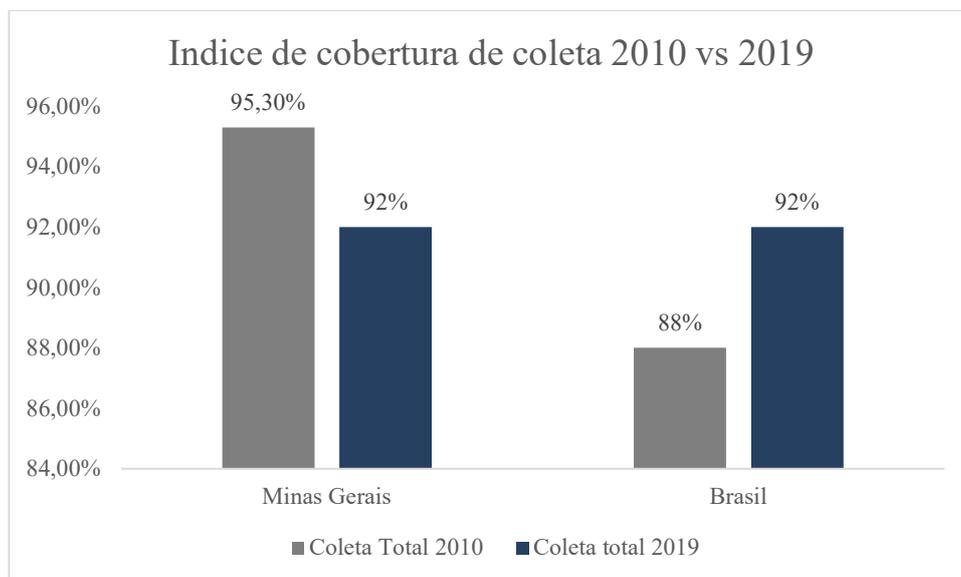
fases. Como a eliminação dos lixões, incentivo a reciclagem, utilização de materiais renováveis, educação ambiental e apoio a associação de catadores.

Conforme citado acima as cidades são os agentes principais para operação desse ciclo. Os municípios, para executarem a limpeza pública, devem escolher entre duas opções, a execução direta, onde seus próprios órgãos contratam funcionários, equipamentos e estrutura para executar o serviço, ou optar pela forma indireta, através da terceirização ou concessão. Existe também a possibilidade de uma execução mista, onde etapas são executadas pelo poder público e outras pelo setor privado.

No Brasil atualmente, as empresas privadas são predominantes, em relação às públicas, no que se refere as atividades ligadas à limpeza urbana. Conforme dados da ABRELPE (2020), no ano de 2019, as empresas privadas eram responsáveis por 191.384 empregos (57,6%) vinculados à limpeza urbana, enquanto as empresas públicas detinham 140.758 empregos (42,4%).

Desde 2010 ano que iniciaram as coletas de informações sobre o a ciclo dos resíduos sólidos urbanos realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), nota-se o crescimento constante da quantidade de RSU produzida e da população atendida. Segundo a ABRELPE entre 2010 e 2019, no Brasil ocorreu um incremento considerável na geração de Resíduo Sólido Urbano (RSU) passando de 67 milhões para 79 milhões de tonelada por ano. A geração per capita aumentou de 348 kg/ ano para 379 kg/ano. A geração total de RSU registrou, nesse período, uma expansão de cerca de 19% no país, com um crescimento de 9% no índice de geração per capita. A quantidade de resíduos coletados aumentou em todas as regiões brasileiras. Em uma década, passou de cerca de 59 milhões de toneladas em 2010 para 72,7 milhões de toneladas e, neste período, a cobertura de coleta passou de 88% para 92%.

Gráfico 1 – Índice de cobertura de coleta 2010 vs. 2019



Fonte: ABRELPE (2020)

De acordo com Antenor e Szigethy (2020) nas cidades brasileiras, a crescente geração de resíduos e as práticas de descarte estabelecidas, juntamente com o elevado custo de armazenagem, resultaram em volumes crescentes de RSU acumulados e sérios problemas ambientais e de saúde pública.

No Brasil, a maior parte dos RSU coletados são destinados aos aterros sanitários. Na última década, registrou-se um aumento de 10 milhões de toneladas, passando de 33 milhões de toneladas por ano para 43 milhões de toneladas. Por outro lado, a quantidade de resíduos que segue para unidades inadequadas, lixões e aterros controlados, também aumentou, passando de 25 milhões de toneladas por ano para pouco mais 29 milhões de toneladas por ano, Tabela 1 (ABRELPE, 2020).

Tabela 1 – Disposição final dos resíduos sólidos urbanos no Brasil 2010-2019

Ano	Disposição adequada (t/ano)	%	Disposição Inadequada (t/ano)	%
2010	33.406.260	56,8	25.389.400	43,2
2019	43.300.315	59,5	29.448.200	40,5

Fonte: Panorama 2020 ABREALPE.

No que tange aos custos dos resíduos sólidos urbanos, seu dimensionamento tem elevada dependência com a morfologia das cidades, seu traçado, a densidade demográfica presente, e o tipo de serviço almejado pela população. Adicionalmente, os hábitos culturais da população podem afetar tais custos, como por exemplo, onde existe maior nível de engajamento

e solidariedade entre os moradores com a sustentabilidade espera-se um custo menor com a limpeza, e uma maior facilidade de implantar programas de coleta seletiva, por exemplo (RODRIGUES, MAGALHÃES E PEREIRA, 2016).

De acordo com dados do Panorama 2020, com relação aos recursos aplicados pelos municípios brasileiros na coleta e destinação final dos RSU e os serviços de limpeza urbana, ocorreu um aumento de R\$ 17,65 bilhões em 2010 para R\$ 25 bilhões em 2019, correspondendo a um investimento médio de R\$ 8,00 em 2010 e R\$ 10,00 em 2019 por habitante/mês.

Rodrigues, Magalhães e Pereira (2020), em seu estudo sobre determinantes dos resíduos sólidos urbanos nas capitais brasileiras, concluíram que os custos com resíduos sólidos dependem da forma de manejo escolhida (existência da coleta seletiva) e fundamentalmente da forma de gestão assumida pelo município. Especificamente, considerando o mercado relevante geográfico em análise, a existência do setor privado na operação dos serviços tende a conduzir a pressões de elevações dos custos dos serviços oferecidos, e não ao contrário, como se costuma atribuir a maior eficiência do setor privado sobre o setor público, em termos de produtividade e eficiência. Além disso, os autores ressaltaram que nas capitais onde se tem modelos mistos, ou seja, a presença de mais de uma empresa prestando o serviço, os custos tendem a ser menores que no caso do monopólio privado. O que leva a deduzir, que o poder público, que não deseja ou pode manter uma estrutura própria, deve estimular a concorrência não só na licitação, mas também na execução dos serviços.

Mediante o breve panorama apresentado nessa seção, conclui-se que os gestores públicos e privados têm um desafio a ser superado, pois podem atuar no sentido de contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população brasileira, no que tange ao ciclo de vida dos resíduos sólidos, bem como reduzir os custos econômicos de sua gestão.

4 METODOLOGIA

4.1 Especificação do modelo econométrico

Com o objetivo de identificar os principais determinantes de custo no manejo de RSU dos municípios mineiros, foi realizado uma análise de natureza quantitativa-descritiva. Para isso, foram coletadas as informações do banco de dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS). Dados que contemplaram as informações a respeito das operações e custos de 490 cidades do estado de Minas Gerais no ano de 2019¹.

A análise dos dados foi baseada em um modelo de regressão linear múltipla, com método de estimação *backward*, onde são utilizadas todas as variáveis na estimação e retiradas as que não apresentam contribuição significativa estatisticamente (HAIR Jr. et al., 2005). Com base na literatura será utilizado o logaritmo do custo per capita de resíduos sólidos urbanos (CRSU) como variável dependente. Já as variáveis independentes serão as quatro variáveis *dummies* que representam as formas de execução da gestão de RSU, execução da coleta seletiva pelo agente público (ECPU), pelo agente privado (ECPR), pelo agente público e privado (ECPP) e a não existência da coleta seletiva (NEXC) e, a densidade populacional (DPOP) em forma de logaritmo. De acordo com a literatura, se torna necessário a utilização do logaritmo devido a variabilidade de porte e tamanho entre os municípios da amostra. Conforme equação (1), seguir:

$$\ln(CRSU) = \beta_0 + \beta_1 \cdot \ln(DPOP) + \beta_2 \cdot ECPU + \beta_3 \cdot ECPR + \beta_4 \cdot ECPP + \beta_5 \cdot NEXC + \varepsilon \quad (1)$$

Em que:

CRSU é o custo per capita de resíduo sólido urbano; DPOP é a densidade populacional do município; ECPU a execução da coleta por agente público; ECPR a execução de coleta por agente privado; ECPP a execução de coleta por agente público e privado; NEXC não existência de coleta seletiva; β : são os coeficientes estimados e ε : é o erro aleatório.

A estimação do modelo foi realizada no software Statistical Package of Social Sciences(SPSS) versão 21.

¹ O estado de Minas Gerais possui no total 853 municípios. Contudo, poucos são os municípios que divulgaram as informações ao SNIS. Dos 652 municípios que responderam ao SNIS apenas 490 municípios dispuseram as informações necessárias para a realização da análise. Foram retirados da amostra todos os municípios com informações incompletas.

4.2 Variáveis e fontes de dados

As variáveis selecionadas e os procedimentos econométricos utilizados para a realização deste trabalho norteados pelos trabalhos de Vasconcelos 2016 e Rodrigues, Magalhães Filho e Pereira (2016). Desse modo, o modelo econométrico utilizado se baseia em três campos de variáveis secundárias, variáveis de custo, de forma de execução e de demografia.

Foram selecionadas as seguintes variáveis:

- Custo total de resíduos sólido urbanos (CTRSU): O custo total de resíduos sólidos urbanos compreende todos os gastos públicos com a gestão e manejo dos RSU de um município. Durante todo o ciclo dos resíduos, desde a coleta, ao tratamento e destinação final, tem-se como gastos contemplados tanto a coleta de RS domiciliar, quanto as coletas RS da saúde. Também são consideradas os custos de varrição de logradouros públicos e gastos administrativos nas unidades de processamento.
- Custo per capita de resíduo sólido urbano (CRSU): O custo per capita de RSU será calculado através da divisão do custo total de resíduos sólidos urbanos (CTRSU) em relação a população de seu respectivo município.

Para identificar a modalidade de execução do manejo do RSU, foram utilizadas variáveis *dummies*, que apresentaram valores iguais a 1 para a presença da modalidade de execução do manejo e 0 para a inexistência da mesma. A fim de contemplar todas as possíveis formas de execução entre o setor público e privado foram utilizadas três variáveis:

- Execução da coleta por agente público (ECPU): Também chamada de Sistema de execução direta, utiliza dos setores da administração pública como secretárias, divisões e departamentos para realizar a execução da coleta e limpeza pública urbana. Realiza a contratação de servidores para execução por regime estatutário ou Consolidação de Leis de Trabalho (CLT) e deve investir em equipamentos de infraestrutura através de compra ou aluguel.
- Execução de coleta por agente privado (ECPR): A execução pelo setor privado é conhecida como Sistema de execução indireta, nesse segundo modelo de prestação, o setor privado ganha o direito de executar totalmente os serviços através de

licitação. Por meio de uma terceirização, o setor privado recebe a responsabilidade não só da execução do serviço mas também da contratação de servidores e do planejamento. As atividades de fiscalização e regulamentação continuam sendo responsabilidade da Administração pública. Sendo necessário cumprir as exigências de contrato na prestação de serviço.

- Execução de coleta por agente público e privado (ECP): Uma terceira forma de prestação de serviço pode ser utilizada, ainda no campo da execução indireta, a Administração pública pode optar pela terceirização parcial da prestação de serviço. Entre os diversos tipos de licitação tem-se a concessão de serviço público, em que o setor público entra com o investimento em infraestrutura e equipamentos e o setor privado ganha o direito de realizar a prestação de serviço parcial ou em etapas estratégicas do ciclo de coleta. Desse modo, pode haver diferentes abordagens de acordo com cada município.

Uma quarta variável *dummy*, também presente na literatura e de grande importância é a existência de programas de coleta seletiva, esses que necessitam de ciclos de coleta exclusivo e um calendário a parte da coleta padrão. Variável que também está presente no estudo.

- Não existência de coleta seletiva (NEXC): Variável *dummy* que representa a existência de programas de coleta seletiva no município seja executada pelo agente público ou privado. Os programas de coleta seletiva têm calendário específico de coleta e representam grande parte dos resíduos que são destinados a galpões de reciclagem. Dependem, além de incentivos da prefeitura, do engajamento da população para gerarem resultados.

Por fim as últimas variáveis secundárias são as demográficas:

- População Urbana do município (POP): População urbana que vive em determinada região.
- Área do Município (AM). Área territorial de característica de uma determinada região.
- Densidade populacional do município (DPOP): A densidade demográfica é o cálculo de quantos habitantes por quilometro quadrado vivem em determinada região. Será obtida através da divisão entre os fatores POP e AM

Os dados de custo total de resíduos sólidos, existência de coleta seletiva e a forma de gestão da execução do serviço, pública ou privada foram obtidos junto a base de dados do Sistema Nacional de Informações de Saneamento. Os dados referentes ao tamanho da população e extensão territorial dos municípios foram coletados do banco de dados do Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (IBGE).

Após extrair a base de dados, com todas as informações, são realizados os cálculos das últimas variáveis secundárias: custo per capita de resíduos sólidos urbanos e densidade populacional dos municípios.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Determinantes dos custos de resíduos sólidos urbanos nos municípios de Minas Gerais em 2019

Para verificar os principais determinantes dos custos de resíduos sólidos urbanos nos municípios de Minas Gerais em 2019, primeiramente, apresenta-se as estatísticas descritivas de 490 cidades participantes do levantamento anual realizado pelo SNIS, Tabela 2.

Tabela 2 – Estatística descritiva da amostra analisada

Variáveis	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Desvio-padrão
CRSU	4,63	393,17	53,93	61,84	41,36
DPOP	2,85	7581,23	25,73	85,41	397,46
ECPU	0	1	0	<i>Dummy</i>	<i>Dummy</i>
ECPR	0	1	0	<i>Dummy</i>	<i>Dummy</i>
ECPP	0	1	0	<i>Dummy</i>	<i>Dummy</i>
NEXC	0	1	0	<i>Dummy</i>	<i>Dummy</i>

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Verifica-se que o valor médio do custo per capita dos resíduos sólidos urbanos (CRSU) é de R\$ 61,84 com variações entre R\$ 4,63 e 393,17 para o seu valor mínimo e máximo. A Cidade de São Gonçalo do Rio Abaixo, localizada a 84 Km da capital mineira, apresentou o maior custo *per capita* e a cidade de Ibiracatu, localizada na região Norte de Minas, apresentou o menor custo médio.

Os resultados da análise de variância (ANOVA) e valor de significância do teste F de Fischer são apresentados na Tabela 3:

Tabela 3 – Análise de Variância (ANOVA)

Modelo	Soma dos Quadrados	DF*	Quadrado Médio	Teste F Fischer	Probabilidade
Regressão	64,104	3	21,368	45,787	0,000
Resíduos	226,807	486	0,467		
Total	290,912	489			

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Nota:*DF referem-se os graus de liberdade.

A estimativa do teste $F = 45,787$ de Fischer revelou-se estatisticamente significativa a um nível de 1% de significância, sugerindo que pelo menos uma variável independente explica a variabilidade da variável dependente. Diante disso, existe regressão no modelo proposto.

Diante desse resultado, estimou-se o modelo de regressão múltipla em que a variável dependentes é o logaritmo do custo per capita de resíduos sólidos urbanos (CRSU) e as variáveis independentes: logaritmo de densidade populacional (DPOP) e as variáveis *dummies* de Execução da coleta por agente público (ECPU), execução de coleta por agente privado (ECPR), Execução de coleta por agente público e privado (ECP) e não existência de coleta seletiva (NEXC).

O modelo estimado pela regressão tem como objetivo ser um modelo explicativo e não preditivo. O R^2 ajustado de 22% não afeta a qualidade do modelo para os fins propostos. As variáveis de densidade populacional (DPOP) e não existência de coleta seletiva (NEXC) não apresentaram significância estatística no modelo, Tabela 1A, Anexo. Os resultados do modelo após a retirada dessas variáveis podem ser observados na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados da Estimativa de Regressão Linear Múltipla

Variáveis	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Prob.	Estatística de colinearidade	
	B	Modelo padrão	Beta			Tolerância	VIF
Constante	5,941	0,179		33,173	0,000		
ECPU	-2,081	0,179	-1,333	-11,620	0,000	0,122	8,206
ECPR	-1,947	0,179	-0,915	-10,870	0,000	0,227	4,413
ECP	-1,913	0,179	-1,117	-10,683	0,000	0,147	6,814

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Conforme destacaram Vasconcelos et al (2016), como ainda não há na literatura um modelo validado para estimativa do custo per capita de RSU optou-se pelo método *backward*, a fim de verificar qual o impacto da variável densidade demográfica e das variáveis *dummies* sobre o custo per capita de resíduos sólidos estimado.²

² Diante disso, buscou-se estimar um modelo explicativo, o que pode justificar, pelo menos parcialmente, o baixo valor de coeficiente de explicação ajustado que fora estimado (R^2 ajustado de 22%), o que não afeta a qualidade do modelo para os fins propostos.

Os resultados reportados na Tabela 4, mostram que as três variáveis *dummies* foram estatisticamente significativas a um nível de 1% de significância. A execução da coleta por agente público (ECPU), execução de coleta por agente privado (ECPR) e a execução de coleta por agente público e privado (ECP) apresentam significância. Os coeficientes apresentados possuem valores negativos, o que sugere que a adoção de um dos três modelos reduz o custo *per capita* do manejo de RSU estimado no modelo. Assim a execução direta representa a maior redução no custo de RSU, seguida pela execução mista e por fim, a execução por agente privado. Dentre os fatores determinante de custo de RSU essas variáveis apresentaram os maiores coeficientes absolutos, logo, sugere-se que a forma escolhida na prestação de serviço de coleta, privada, pública ou mista são os fatores que melhor explicam os custos do manejo de resíduos sólidos no estado de Minas Gerais.

Os valores do indicador VIF apresentam-se aceitáveis, mostrando evidência de ausência de multicolinearidade entre as variáveis independentes. Através do teste de *Durbin-Watson* foi verificado a independência dos resíduos (*Durbin-Watson* – 1,973).

Ao obter os resultados, verificou-se a ausência de um fator determinante geográfico, algo presente em todos os estudos desse tipo. Diante disso, adicionalmente, optou-se por seguir os procedimentos adotados no trabalho de Dostálová (2014), a fim de verificar se seria possível obter melhores resultados. Para tal, optou-se por adicionar uma nova variável independente, visando identificar os portes dos 490 municípios mineiros. Estes foram divididos em 5 categorias de acordo com o número de habitantes utilizando os valores de 0 a 4 para identificar cada segmento do porte no modelo. Para cidades com menos de 2.000 (dois mil) habitantes foi utilizado o valor 0, para as cidades com população entre 2.001 (dois mil e um) e 10.000 (dez mil) habitantes foi dado o valor 1, já as cidades que possuem entre 10.001 (dez mil e um) e 100.000 (cem mil) habitantes o valor 2 foi utilizado, para as cidades com a população mínima de 100.000 (cem mil e um) até no máximo 1.000.000 (um milhão) de habitantes foi utilizado o valor 3 e por fim, cidades com número de habitantes superior a 1.000.000 (um milhão) foi utilizado o valor 4. Os resultados estimados por essa nova regressão trouxeram um modelo com maior poder de predição, alterando os valores de R^2 ajustado para 25,4%. Os resultados desse novo modelo podem ser observados nas Tabelas 5 e 6.

Tabela 5 – Análise de Variância (ANOVA)

Modelo	Soma dos Quadrados	DF*	Quadrado Médio	Teste F Fischer	Probabilidade
Regressão	73,855	4	18,464	41,256	0,000 ^b
Resíduos	217,057	485	0,488		
Total	290,912	489			

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Nota:*DF referem-se os graus de liberdade.

A estimativa do Teste F =41,256 de Fischer revelou-se estatisticamente significativa a um nível de 1% de significância, sugerindo que pelo menos uma variável independente explica a variabilidade da variável dependente. Diante disso, as variáveis independentes são capazes de prever o custo per capita do manejo de RSU, portanto, existe regressão no modelo proposto.

O novo modelo foi estimado com variável dependente logaritmo do custo per capita de resíduos sólidos urbanos (CRSU), como no modelo anterior. As variáveis *dummies* independentes de Execução da coleta por agente público (ECPU), Execução de coleta por agente privado (ECPR), Execução de coleta por agente público e privado (ECP) e não existência de coleta seletiva (NEXC) foram mantidas. E por fim, adicionou-se a variável de porte do Município (PORTE). Através da regressão pelo método *backward*, novamente a variável não existência de coleta seletiva (NEXC) não apresentou significância estatística. Os resultados do modelo após a retirada da variável não significativa encontram-se na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados da Estimativa de Regressão Linear Múltipla

Variáveis	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Prob.	Estatística de colinearidade	
	B	Modelo padrão	Beta			Tolerância	VIF
Constante	6,372	0,198		32,154	0,000		
ECPU	-2,177	0,177	-1,394	-12,327	0,000	0,120	8,318
ECPR	-1,886	0,176	-0,886	-10,722	0,000	0,225	4,438
ECPP	-1,946	0,176	-1,136	-11,086	0,000	0,147	6,824
PORTE	-0,242	0,52	-0,197	-4,668	0,000	0,867	1,154

Fonte: Resultados da Pesquisa.

A partir dos resultados do novo modelo, apresentado na Tabela 6, identifica-se o peso de cada fator determinante de custo per capita de resíduo sólido urbano. A execução da coleta por agente público (ECPU), execução de coleta por agente privado (ECPR), a execução de coleta por agente público e privado (ECPP) e o porte da cidade (PORTE) revelaram-se estatisticamente significativos a um nível de 1%. Semelhante ao modelo anterior, as variáveis relacionadas a forma de execução do serviço de coleta continuaram tendo o maior impacto no custo, tendo agora a variável porte presente no modelo. Os valores do indicador VIF apresentam-se aceitáveis, sugerindo de ausência de multicolinearidade entre as variáveis independentes. Através do teste de *Durbin-Watson* foi verificada a independência dos resíduos (*Durbin-Watson* = 1,968).

Portanto a estimativa de regressão pode ser apresentada da seguinte forma:

$$\ln(CRSU) = 6,372 - 2,177ECPU - 1,886ECPR - 1,946ECPP - 0,242PORTE + \varepsilon$$

Portanto, na condição *ceteris paribus*, a escolha da execução da coleta pelo agente público se torna a melhor opção, seguida pela execução mista e por fim, a execução privada que mostra ser a menos vantajosa das formas de execução do serviço. Ambos os modelos apresentaram as essas mesmas ordens de importância entre os fatores.

Diferente dos resultados obtidos por Rodrigues, Magalhães Filho e Pereira (2015) e Vasconcelos (2016) a variação de densidade populacional não obteve significância na amostra analisada das cidades de Minas Gerais, sugerindo que o aumento populacional, embora aumente a malha logística, não tem impacto estatisticamente significativo sobre o custo per capita de

RSU de uma cidade. Especificamente, considerando o porte das cidades mineiras, é possível perceber que as cidades com maior número de habitantes têm menor custo per capita na gestão dos resíduos sólidos urbanos. Tal resultado também é encontrado no trabalho de Ichinose, Yamamoto e Yoshida (2013), que mostra que as cidades menores tem maiores custos logísticos e ineficiência.

A variável não existência de coleta seletiva, descartada pelo modelo backward não apresentou significância estatística no modelo. Este resultado difere daquele encontrado no trabalho de Rodrigues, Magalhães Filho e Pereira (2015) para as capitais dos estados brasileiros. Logo, esse resultado sugere que a existência de coleta seletiva além de impactar positivamente no bem-estar da população e reaproveitar os resíduos, pode ser aplicada pelas prefeituras, pois, não apresentando grandes aumentos em relação ao custo per capita de RSU, podem beneficiar os habitantes.

Diante dos resultados, tem-se que a forma de prestação do serviço representa o maior impacto no custo per capita dos resíduos sólidos urbanos. Assim, a escolha pela execução direta, torna os custos com o manejo mais vantajoso aos cofres públicos, evidenciado pela variável (ECPU). Tal resultado é consistente com aqueles obtidos no estudo de Massukado (2013), no qual a prestação do serviço pelo setor privado se torna uma opção mais cara, e tem como hipótese o fato dos custos serem maiores para empresas privadas, devido ao cumprimento de normas e legislações específicas.

Para análise de cenário foi possível, através do modelo obtido, elaborar uma matriz com todas as possibilidades envolvidas no modelo. Construído uma estimativa de cada perfil de execução do serviço relacionando a cada porte de cidade, foram adotados os valores de 0 ou 1 para as variáveis *dummies* e de 0 a 4 para cada porte determinado. Obtendo assim um valor de custo per capita de RSU em logaritmo. Isso possibilitou o cálculo de qual seria o custo per capita de cada porte de cidade na escolha da forma de execução do serviço de coleta. Os resultados estão dispostos na Tabela 7.

Tabela 7 – Predição de Custo per capita do RSU

Variáveis	Até 2.000 habitantes	Até 10.000 habitantes	Até 100.000 habitantes	Até 1.000.000 habitantes	Mais de 1.000.000 habitantes
<i>ECPU</i>	66,35	52,09	40,89	32,10	25,20
<i>ECPR</i>	88,77	86,86	54,71	42,95	33,72
<i>ECPP</i>	83,60	65,63	51,52	40,45	31,75
Diferença entre público e privado	22,42	34,77	13,82	10,85	8,52

Fonte: Resultados da Pesquisa.

A partir da Tabela 7, é possível verificar que, analisando o melhor cenário, onde tem-se a coleta realizada pelo agente público em uma cidade com mais de um milhão de habitantes, é esperado pelo modelo, que o custo médio per capita seja de 25,20 hab/ano. Já no pior cenário, onde a coleta é realizada pelo agente privado em uma cidade com até dois mil habitantes, temos essa média esperada em 88,76 hab/ano, o que nos mostra o ganho de economia em escala na atividade de coleta para uma rede maior, chegando em ser quase quatro vezes mais barata a execução do serviço entre o melhor e pior cenário.

Analisando de forma separada os efeitos da escolha da forma da prestação da coleta para os diferentes portes de cidades, observa-se que em uma cidade com até um milhão de habitantes, a diferença estimada entre a melhor opção e pior é de 10,85 reais *per capita*. O que significa que o impacto nos cofres públicos é de 10,85 reais por habitante, um montante total que pode variar entre 1.085.000 e 10.850.000 reais do orçamento anual de cada cidade. Segundo o IBGE (2019) a população média do estado de Minas Gerais no ano de 2019 era de 22.975 habitantes por cidade. Utilizando esse valor e as informações reportadas na Tabela 7, é possível fazer uma estimativa de que uma cidade com 22.975 habitantes pode ter uma diferença em seus cofres no valor de 317.514 reais ao ano, somente pelo fato de escolher a forma de execução do serviço.

Em síntese, os resultados encontrados, sugeriram que quanto menor a cidade, maiores serão os custos aos cofres públicos de forma *per capita*, caso optem por repassar a execução do serviço de coleta ao setor privado. Assim, a análise a respeito da melhor opção quanto a forma de execução de coleta deve ser estudada, caso a caso. A Administração Pública não possui o poder de controlar seu número de habitantes, logo, seu porte não pode ser mudado, porém

possui o poder de escolher a forma de execução do manejo de RSU que de acordo com o estudo é o fator de maior impacto aos cofres.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve como objetivo analisar, de forma empírica, os principais fatores determinantes de custo de resíduos sólidos urbanos nos municípios mineiros. Para tal foram estimadas modelos de regressão múltipla linear a fim de identificar quais as variáveis são relevantes para explicar os custos de manejo dos RSU em 490 municípios mineiros, com dados para o ano de 2019.

Os resultados obtidos nesse trabalho sugeriram que a forma de manejo escolhida é o fator que apresenta o maior impacto na gestão RSU. Este resultado não corrobora com a teoria dos ganhos de produtividade e eficiência do setor privado em relação ao setor público, visto na literatura microeconômica neoclássica. Os ganhos em escala das cidades com maior número de habitantes, foram relevantes, uma vez que, se observou menores custos per capita quanto maior a população. Tal resultado, já havia sido encontrado na literatura para um estudo anterior, para algumas cidades do Japão, que revelou a perda de eficiência do custo de coleta em pequenos vilarejos. Nesse sentido se faz evidente que a adoção de consórcios municipais e criação de macrorregiões, estratégias já incentivadas desde a aprovação no PNRS em 2010, com o objetivo de unir a administração e investimentos de cidades próximas para tornar conjunta a gestão de RSU pode, através do aumento da malha logística e escopo de atividades, proporcionar menores custos *per capita*, assim como ocorre em cidades de maiores portes. Trabalhos futuros podem buscar informações de como são realizados esses consórcios e determinar qual a diferença nos custos dos municípios que adotaram esse modelo de gestão em relação as cidades que com o mesmo porte não optam por esse sistema.

Ao poder público, esse estudo pode contribuir na identificação da estrutura de serviço com melhor desempenho financeiro, isso dentre as opções permitidas pela legislação brasileira. Considerando os municípios mineiros ficou evidente que a execução direta pelo administrador público foi a opção com melhor custo para os cofres públicos considerando o custo per capita. Para as cidades que não queiram realizar a administração direta do tema, temos a execução mista como opção intermediária ao repasse total para o setor privado, que tende a ser a forma de execução mais cara aos cofres públicos. Um fator a ser melhor compreendido é a diferença na execução do serviço pelo setor público e privado. Pois a execução pelo setor público, embora

mais vantajosa aos cofres, necessita de investimento em infraestrutura e gestão. Enquanto a execução pelo setor privado, se torna mais cara devido ao cumprimento de legislações e demandas exigidas pelos contratos de concessão de serviço.

Uma informação também relevante ao poder público revelado pelo modelo, foi a não existência do impacto da coleta seletiva no aumento do custo per capita do RSU. O fato da variável NEXC não apresentar significância, mostra que os programas e projetos desse tema embora necessitem de um calendário particular, que respeite seus prazos e atendam suas especificidades durante o processo de coleta, não aumenta os gastos *per capita* das prefeituras. Diante disto, identificar os impactos da coleta seletiva nos municípios que a adotam, e observar qual a variação do custo de RSU e qual o impacto desses programas sobre a dispersão final de resíduos do município, é um potencial tema a ser estudado em próximos trabalhos. Neste caso, seria possível testar a hipótese de que se os programas de coleta seletiva reduzem a geração e desperdício de resíduos.

Em suma, neste estudo foi possível concluir que o fator determinante dos custos de RSU de maior impacto às contas públicas é a forma escolhida para a prestação do serviço de coleta. O tamanho das cidades atendidas também se mostrou relevante, sendo que quanto menor a quantidade de habitantes, maiores os custos per capita. Os programas de coleta seletiva, tema importante para a sustentabilidade, não apresentaram significância sobre os custos. O que nos mostrou que sua implementação pode ser benéfica a população sem impactar o orçamento público.

Uma limitação para a elaboração desse trabalho foi a falta de informações para todos os municípios mineiros. Pois, mesmo com o incentivo ao preenchimento dos dados anualmente no SNIS, não obtiveram grandes evoluções nas pesquisas. Conseqüentemente, uma parte de municípios, ficaram fora dessa análise em razão de insuficiência de dados. Sugere-se que é necessário haver um aperfeiçoamento no tratamento de dados em grande parte das prefeituras do país. Em muitos municípios, verifica-se a falta de informações sobre forma da prestação do serviço de coleta, existência de programas de coleta seletiva, valores gastos pela execução pública e/ou privada entre outras informações. Tudo isso, restringiu o tamanho da amostra para as cidades que preencheram, de forma completa, os dados no SNIS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTENOR, S., SZIGETHY, L. **Resíduos sólidos urbanos no Brasil: desafios tecnológicos, políticos e econômicos. 2020.** Disponível em <https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>. Acesso em 23 de mar. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos 2020.** Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/> Acesso em: 01 mar. 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2019.** Brasília, 2020. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnosticos>. Acesso em: 26 mai. 2020

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.

FERNANDES J. U. J. **Lixo. Limpeza pública urbana; gestão de resíduos sólidos sob o enfoque do direito administrativo.** Belo Horizonte: Del Rey; 2001.

GALVÃO, A. C., JR., & PAGANINI, W. S. (2009). **Aspectos conceituais da regulação dos serviços de água e esgoto no Brasil.** Engenharia Sanitária e Ambiental, 14(1), 79-88.

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.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. (2012). IBGE cidades. Minas Gerais: IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama> Acesso em 01 de março de 2021,

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

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.

MATOS, F.; DIAS, R. **A gestão de Resíduos Sólidos e a formação de Consórcios Intermunicipais**. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, v. 4, n. 3, p. 501-519, 2011.

MINGHUA, Z.; XIUMIN, F.; ROVETTA, A.; QICHANG, H.; VICENTINI, F.; BINGKAI, L.; MURRAY, A.; SKENE, K.; HAYNES, K. **The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context**. Journal of Business Ethics, v. 140, p. 369- 380, 2017. LÉON-BRAVO; CANIATO, 2017.

QUEIROZ, B. L.; GOLGHER, A. B.; AMARAL, E. **Mudanças demográficas e condições econômicas e sociais em Minas Gerais**. In: OLIVEIRA, F. A.; SIQUEIRA, W. B. (Orgs.). As muitas Minas: ensaios sobre a economia mineira. 1 ed. Belo Horizonte: Conselho Regional de Economia, 2010.

ROCHA, S. **Crescimento, Renda e Pobreza. Como ficam os pobres?** In: XXII Fórum Nacional - Na Crise, Brasil, Desenvolvimento de uma Sociedade Ativa e Moderna (Sociedade do Diálogo, da Tolerância, da Negociação), “Programa Nacional de Direitos Humanos.” E Novos Temas, 2010. (Estudos e Pesquisas 349).

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, 2016.

SCHAPPO, F.; FERREIRA, D. D. M.; SANTOS, R.R.. **Uma Aplicação da DEA (Data Envelopment Analysis) na Gestão de Resíduos Sólidos nos Municípios da Região Sul: Quem é Quem Quando se Mede a Eficiência?** XIV Congresso de Iniciação Científica em Contabilidade da Universidade de São Paulo. 2017.

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. 2015.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2019.** Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos/diagnostico-do-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-2019> Acesso em: 01 mar. 2021.

SUJAUDDIN, M.; HUDA, M. S.; RAFIQUUL HOQUE, A. T. M. **Household solid waste characteristics and management in Chittagong, Bangladesh.** Journal of Waste Management, v. 28, p. 1688–1695, 2008.

TASSINARI, D. J. **Análise da gestão dos resíduos sólidos urbanos no município de Igarapé (MG) : subsídios para a gestão de resíduos sólidos orgânicos - 2020.** (Mestrado Profissional). Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP. 322p.

VASCONCELOS, M.; BACH, T.; MATIOLLO, D.; JUNIOR, J.; SOUZA, A.; SILVA, W. V.; **Evidências relativas aos Custos de Resíduos Sólidos Urbanos Municipais: uma Análise dos Fatores Determinantes.** XXIII Congresso Brasileiro de Custos, 2016.

Anexo A

Tabela 1.A – Resultados da Estimativa de Regressão Linear Múltipla Inicial

Variáveis	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Prob.	Estatística de colinearidade	
	B	Modelo padrão	Beta			Tolerância	VIF
Constante	6,107	0,219		27,867	0,000		
ECPU	-2,104	0,181	-1,348	-11,609	0,000	0,119	8,395
ECPR	-1,926	0,180	-,915	-10,708	0,000	0,227	4,413
ECPP	-1,920	0,180	-1,117	-10,687	0,000	0,147	6,814
NEXC	-0,028	0,068	-0,017	-0,410	0,682	0,920	1,087
DPOP	-0,040	0,030	-0,059	-1,319	0,188	,913	1,231

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Anexo B

Tabela 1.B – Correlação

		CRSU	ECPU	ECPR	ECPP	NEXC	PORTE
Correlação de Pearson	CRSU	1,000	-0,135	-0,061	0,014	-0,048	-0,139
	ECPU	-0,135	1,000	-0,457	-0,698	0,154	-0,310
	ECPR	-0,061	-0,457	1,000	-0,218	-0,112	0,309
	ECPP	0,014	-0,698	-0,218	1,000	-0,053	0,089
	NEXC	-0,048	0,154	-0,112	-0,053	1,000	-0,307
	PORTE	-0,139	-0,310	0,309	0,089	-0,307	1,000
Sig. (1-Tailed)	CRSU	.	0,001	,088	0,380	0,143	0,001
	ECPU	0,001	.	0,000	0,000	0,000	0,000
	ECPR	0,088	0,000	.	0,000	0,006	0,000
	ECPP	0,380	0,000	0,000	.	0,120	0,025
	NEXC	0,143	0,000	0,006	0,120	.	0,000
	PORTE	0,001	0,000	0,000	0,025	0,000	.
N	CRSU	490	490	490	490	490	490
	ECPU	490	490	490	490	490	490
	ECPR	490	490	490	490	490	490
	ECPP	490	490	490	490	490	490
	NEXC	490	490	490	490	490	490
	PORTE	490	490	490	490	490	490

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela 2.B – Variáveis Aceitas/Removidas

Modelo	Variáveis	Variáveis Removidas	Método
1	PORTE, ECPP, NEXC, ECPR, ECPU ^b	.	Aceito
2	.	NEXC	Backward (Critério: Probability de F para remoção \geq ,100).
a. Variável Dependente: CRSU			
b. Todas as variáveis solicitadas inseridas			

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela 3.B – Variáveis Aceitas/Removidas

Modelo	R	R2	R2 Ajustado	Durbin-Watson
1	0,507 ^a	0,257	0,249	
2	0,504 ^b	0,254	0,248	1,968
a. Preditores: (Constante), PORTE, ECPP, NEXC, ECPR, ECPU				
b. Preditores: (Constante), PORTE, ECPP, ECPR, ECPU				
c. Variável Dependente: CRSU				

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela 4.B – Análise de Variância (ANOVA)

Modelo		Soma dos Quadrados	DF*	Quadrado Médio	Teste F Fischer	Probabilidade
1	Regressão	74,772	5	14,954	33,487	0,000 ^b
	Resíduos	216,140	484	0,447		
	Total	290,912	489			
2	Regressão	73,855	4	18,464	41,256	0,000 ^c
	Resíduos	217,057	485	0,488		
	Total	290,912	489			
a. Preditores: (Constante), PORTE, ECPP, NEXC, ECPR, ECPU						
b. Preditores: (Constante), PORTE, ECPP, ECPR, ECPU						
c. Variável Dependente: CRSU						

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Nota:*DF referem-se os graus de liberdade.

Tabela 5.B – Resultados da Estimativa de Regressão Linear Múltipla Final

Modelo	Variáveis	Coeficientes não padronizados		Coeficientes padronizados	t	Prob.	Estatística de colinearidade	
		B	Modelo padrão	Beta			Tolerância	VIF
1	Constante	6,450	0,205		31,418	0,000		
	ECPU	-2,156	0,177	-1,381	-12,184	0,000	0,119	8,373
	ECPR	-1,872	0,176	-0,879	-10,638	0,000	0,225	4,452
	ECPP	-1,930	0,176	-1,127	-10,989	0,000	0,146	6,850
	NEXC	-0,097	0,067	-0,059	-1,433	0,152	0,898	1,113
	PORTE	-0,263	0,054	-0,214	-4,886	0,000	0,804	1,244
2	Constante	6,372	0,198		32,154	0,000		
	ECPU	-2,177	0,177	-1,394	-12,327	0,000	0,120	8,318
	ECPR	-1,886	0,176	-0,886	-10,722	0,000	0,225	4,438
	ECPP	-1,946	0,176	-1,136	-11,086	0,000	0,147	6,824
	PORTE	-0,242	0,052	-0,197	-4,668	0,000	0,867	1,154

Fonte: Resultados da Pesquisa.



Certifico que a aluna Lucas Fonseca Camargo, autor(a) do trabalho de conclusão de curso intitulado “**Fatores determinantes dos custos de resíduos sólidos urbanos nos municípios mineiros**”, efetuou as correções sugeridas pela banca examinadora e que estou de acordo com a versão final do trabalho.

Assinatura manuscrita em tinta preta, legível como 'Rosângela Soares Fernandes'.

(Profa. Dra. Rosângela Aparecida Soares Fernandes)
Orientador (a)

Mariana, 14 de agosto 2021.