

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO
AMBIENTAL

**DESENVOLVIMENTO DE MODELO MATEMÁTICO PARA ESTIMATIVA DE
CUSTOS DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EM PEQUENOS
MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL**

LUCAS FIEGENBAUM DE OLIVEIRA

Porto Alegre, 2021

LUCAS FIEGENBAUM DE OLIVEIRA

Engenheiro Civil

**DESENVOLVIMENTO DE MODELO MATEMÁTICO PARA ESTIMATIVA DE
CUSTOS DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EM PEQUENOS
MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito à obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Salatiel Wohlmuth da Silva

Porto Alegre, 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Carlos André Bulhões Mendes

Vice-Reitora: Patrícia Pranke

INSTITUTO DE PESSQUISAS HIDRÁULICAS

Diretor: Joel Avruch Goldenfum

Vice-Diretor: Alfonso Risso

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO
AMBIENTAL

Coordenador: David Manuel Lélinho da Motta Marques

Coordenador Substituto: Salatiel Wohlmuth da Silva

LUCAS FIEGENBAUM DE OLIVEIRA

**DESENVOLVIMENTO DE MODELO MATEMÁTICO PARA ESTIMATIVA DE
CUSTOS DE COLETA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES EM PEQUENOS
MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL**

Esta Dissertação foi analisada e julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental e aprovada em sua forma final pela Orientadora e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Salatiel Wohlmuth da Silva

Banca examinadora:

Examinador(a): Andréa Moura Bernardes

Programa: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Examinador(a): Alvaro Meneguzzi

Programa: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Examinador(a): Louidi Lauer Albornoz

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre, 2021.

CIP - Catalogação na Publicação

Oliveira, Lucas Fiegenbaum de
Desenvolvimento de Modelo Matemático para
Estimativa de Custos de Coleta de Resíduos Sólidos
Domiciliares em Pequenos Municípios do Rio Grande do
Sul / Lucas Fiegenbaum de Oliveira. -- 2021.
82 f.
Orientador: Salatiel Wohlmuth da Silva.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas,
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e
Saneamento Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Gerenciamento de Resíduos Sólidos. I. Silva,
Salatiel Wohlmuth da, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Aos meus dois orientadores desse trabalho, que certamente foram as pessoas mais essenciais para que desse tudo certo. Infelizmente, dois orientadores, pois perdemos o Professor Dieter durante esse percurso, e a minha forma de homenageá-lo vai ser ter concluído esse trabalho e levar para a vida os seus ensinamentos que me acompanham desde a minha graduação em Engenharia Civil. Também um agradecimento especial ao Professor Salatiel, que mesmo sem me conhecer pessoalmente, assumiu a orientação desse trabalho, e foi essencial com seus conhecimentos, ideias e incentivos, para que eu pudesse ter chegado aqui

Aos meus pais, Rosane e Glaito Tadeu, pelo apoio, pela paciência, e por entenderem o meu propósito quando insisti em tentar entrar para esse programa, também à minha irmã, Bianca.

De uma forma geral, a todos os professores do IPH, pois, se a entrada na pós-graduação se tornou um objetivo para mim, com certeza deve-se muito aos conhecimentos que todos passaram na minha época de graduação.

Aos professores membros da banca avaliadora do plano de estudo, Juan Martin e Darci Campani, pois as suas considerações foram essenciais para a continuação desse trabalho.

Aos professores membros da banca da defesa da dissertação, Álvaro, Andréa e Louidi, pelo tempo e disponibilidade.

Por fim, à Júlia, por ter sido a pessoa a quem eu contava meus medos de que algo desse errado durante a elaboração do trabalho.

RESUMO

Os municípios brasileiros, especialmente os de pequeno porte, apresentam uma histórica dificuldade, seja para realizar o correto manejo dos resíduos sólidos, seja para poder cobrar por isso. Com a publicação da Lei 12.305/10, os serviços de gestão dos resíduos sólidos devem ser pensados de forma integrada, e a sustentabilidade financeira e a cobrança pelos serviços ganharam amparo legal. Esse trabalho traz como foco os pequenos municípios, dado que são esses os que apresentam, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), a maior dificuldade para cobrir os seus custos com a prestação de serviço de manejo dos resíduos sólidos. Assim, buscou-se determinar, para os municípios participantes do convênio UFRGS-FUNASA, mais municípios participantes do consórcio CIGRES, por análise estatística e regressão linear múltipla, um modelo matemático para cada tipo de prestação de serviço de gerenciamento de resíduos sólidos, referente ao custo de coleta desses municípios. Assim, considerando o SNIS como base de dados, foi possível encontrar um modelo de custo de coleta para municípios em que a prestação é feita pela administração direta terceirizando o serviço, considerando a distância até o local de disposição. Para municípios que a realizam por consórcio intermunicipal, o modelo leva em consideração, além da distância de disposição final, a geração per capita de resíduos sólidos municipais. Por fim, com essa metodologia, devido a poucos municípios adotarem esse modelo de prestação de serviço e os dados desses municípios apresentarem uma dispersão muito grande, não foi possível chegar a um modelo para municípios cuja responsabilidade pelo serviço é exclusiva da administração direta municipal.

ABSTRACT

The Brazilian cities, especially the small ones, present a historical difficulty to realize the correct handling of solid waste and charging for it. Publishing the 12.305/10 law, the management of solid waste, nowadays, must be thought in an integrated way, furthermore, the financial sustainability and the charges are written in this law. This work focuses the small cities, once these cities present, according to the SNIS data, the greatest difficulties to cover their expenses concerning the solid waste management service. Thus, this work seeks to determine, for the cities that belong to the UFRGS-FUNASA agreement to elaborate their municipal sanitation plan, also cities that belong to CIGRES consortium, through statistics analysis and multiple linear regression, mathematical models for each kind of provision of solid waste management service, regarding the garbage collection costs of these cities. Considering SNIS as a database, this work found a mathematical model for cities that delegate the service of garbage collection to a company, considering the distance between the city and the deposition place of the garbage to determine the waste collection costs. For cities that realize this service through consortium, this work found a mathematical model that determines the collection costs considering the distance between the city and the deposition place of the garbage, and the per capita domestic waste generation. Finally, due to few cities using the service model that the city is the only responsible for managing the garbage service, and these cities data have shown large discrepancies, it wasn't possible to find a mathematical model to determine the collection costs for these cities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Histórico do valor médio da massa de resíduos coletada no Brasil, considerando faixas populacionais apresentadas.	20
Figura 2 – Relação percentual dos municípios que pesam e que não pesam o resíduo gerado, divididos por faixas populacionais.	21
Figura 3 – Diferença da geração média de resíduos entre municípios que pesam que não pesam os resíduos, divididos por faixas populacionais..	21
Figura 4 – Evolução da despesa per capita dos municípios com RSU divididos em faixas populacionais..	24
Figura 5 – Frações da autossuficiência financeira dos municípios brasileiros por faixas	25
Figura 6 – Autossuficiência financeira conforme o método de cobrança nos municípios brasileiros..	29
Figura 7 – Aterros compartilhados do RS e quais municípios depositam neles.	34
Figura 8 – Relação dos Municípios participantes do convênio UFRGS-FUNASA que fazem parte da amostra de estudo.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Divisão das faixas populacionais feita pelo SNIS.....	20
Tabela 2 – Valor médio da massa de resíduos coletada no Brasil, considerando faixas populacionais.....	19
Tabela 3 – Evolução da população urbana no Brasil.....	2321
Tabela 4 – Índice de autossuficiência financeira conforme a região no Brasil.	25
Tabela 5 – Relação, em porcentagem, de quanto os municípios conseguiram cobrir seus custos com o manejo dos resíduos sólidos com suas receitas arrecadadas para o serviço em 2017...	26
Tabela 6 – Relação, em porcentagem, dos gastos com manejo de resíduos sólidos na despesa corrente da prefeitura em 2017.....	26
Tabela 7 – Relação, em porcentagem, da fração dos municípios participantes do SNIS que executaram a cobrança pelos serviços de manejo dos resíduos sólidos em 2017..	27
Tabela 8 – Cobrança pelos serviços de gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil.....	28
Tabela 9 – Principais estudos revisados e relacionados com o desenvolvimento desse trabalho.. ..	36
Tabela 10 – Possíveis modelos de prestação dos serviços de manejo de resíduos, divididos em categorias.....	40
Tabela 11 – Lista dos municípios da amostra, população, categoria de modelagem da prestação do serviço..	41
Tabela 12 – Lista dos municípios da amostra pertencente ao CIGRES, bem como a distância do município até Seberi.....	42
Tabela 13 – Tabela ANOVA de regressão linear	46
Tabela 14 – Cálculo da força da regressão entre as variáveis.	49
Tabela 15 – Tabela ANOVA para o modelo terceirizados de prestação de serviços..	49
Tabela 16 – Valores dos coeficientes β para a regressão e da variável estatística para o teste de hipótese dos regressores	50
Tabela 17 – Novo valor de R^2 , mostrando que a correlação ficou mais forte excluindo os outliers e a variável independente X_2	51
Tabela 18: tabela ANOVA para o novo modelo..	51
Tabela 19 – Valores dos coeficientes β para a regressão e da variável estatística para o teste de hipótese dos regressores.	52

Tabela 20 – Comparação entre os valores observados do custo de coleta e dos valores calculados com a equação obtida para o modelo tereceirizado	53
Tabela 21: Cálculo da força da regressão entre as variáveis.....	54
Tabela 22 – ANOVA do modelo de prestação feito pela Administração Direta.	54
Tabela 23 – Valores dos coeficientes β para a regressão e da variável estatística para o teste de hipótese dos regressores.....	55
Tabela 24 – Cálculo da força da regressão entre as variáveis.....	55
Tabela 25 – ANOVA do modelo de prestação feito pela Administração Direta sem outliers..	56
Tabela 26 – Valores dos coeficientes β para a regressão e da variável estatística para o teste de hipótese dos regressores, sem outliers..	56
Tabela 27 – Cálculo da força da regressão entre as variáveis.....	57
Tabela 28 – ANOVA do modelo de prestação feito por consórcio.....	58
Tabela 29 – Valores dos coeficientes β para a regressão e da variável estatística para o teste de hipótese dos regressores.....	58
Tabela 30 – Novo valor de R^2 , mostrando que a correlação ficou mais forte excluindo os outliers.....	59
Tabela 31 – ANOVA do modelo de prestação feito por consórcio sem outliers.	59
Tabela 32 – Valores dos coeficientes β para a regressão e da variável estatística para o teste de hipótese dos regressores.	60
Tabela 33 – Comparação entre os valores observados do custo de coleta e dos valores calculados com a equação obtida para o modelo de consórcio	60

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3	HIPÓTESES	17
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
4.1	RESÍDUOS SÓLIDOS	18
4.1.1	Interveniência e a importância da quantificação.....	18
4.1.2	Composição física.....	22
4.1.3	Fatores intervenientes no aumento da geração.....	22
4.1.4	Cobrança para o manejo dos resíduos e suficiência financeira.....	23
4.1.5	Política nacional de resíduos sólidos	30
4.2	MODELAGEM DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO.....	31
4.2.1	Prestação Direta dos Serviços.....	31
4.2.2	Prestação Indireta dos Serviços.....	32
4.3	DISTÂNCIA ENTRE OS MUNICÍPIOS DO RS E A DESTINAÇÃO FINAL	34
4.4	ESTUDOS RELACIONADOS AO TEMA.....	36
5	MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
5.1	SELEÇÃO DOS MUNICÍPIOS.....	39
5.1.1	Municípios do convênio UFRGS-FUNASA	39
5.1.2	Municípios participantes do CIGRES.....	39
5.1.3	Categorização.....	40
5.2	REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA	43
5.3	VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS.....	46
5.4	ATUALIZAÇÃO DO VALOR DOS CUSTOS DE COLETA	48
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	49
6.1	MODELO DE ADMINISTRAÇÃO DIRETA COM SERVIÇOS TERCEIRIZADOS 49	
6.2	MODELO COM O SERVIÇO SENDO PRESTADO EXCLUSIVAMENTE PELA ADMINISTRAÇÃO DIRETA	53
6.3	MODELO DE GESTÃO ASSOCIADA ATRAVÉS DE CONSÓRCIO.....	57
7	CONCLUSÕES.....	62
8	TRABALHOS FUTUROS.....	63

9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
	ANEXO A – QUADRO DOS DADOS REFERENTES AO MODELO DE PRESTAÇÃO FEITO PELA ADMINISTRAÇÃO DIRETA COM SERVIÇOS TERCEIRIZADOS .	67
	ANEXO B – QUADRO DOS DADOS REFERENTES AO MODELO DE PRESTAÇÃO FEITO PELA ADMINISTRAÇÃO DIRETA	75
	ANEXO C – QUADRO DOS DADOS REFERENTES AO MODELO DE PRESTAÇÃO FEITO POR CONSÓRCIO ENTRE MUNICÍPIOS	77
	ANEXO D – IPCA, VARIAÇÃO ACUMULADA DURANTE OS ANOS	81

1 INTRODUÇÃO

O problema da geração dos resíduos é uma questão bastante atual, e está inserida entre as várias consequências do processo acelerado de urbanização do século XX, quando a população urbana no Brasil passou de 55,9% em 1970 para 81,3% no final do século, sem que a infraestrutura urbana acompanhasse o processo (TUCCI, 2007), juntamente com o crescimento populacional, que demanda uma maior quantidade de matéria prima (ONOFRE, 2011). Estima-se que atualmente, em média, no Brasil, 0,95 kg/hab.dia de resíduos seja gerado (BRASIL, 2019). Além disso, há a questão de modelos ineficientes de cobrança pelo serviço de gerenciamento de resíduos, que, além de não cobrirem os custos do titular do serviço (FRANCO et al., 2014), utilizam critérios que não têm relação com a geração de resíduos, levando em consideração a área do terreno como base de cálculo, por exemplo (ONOFRE, 2011).

Conseqüentemente, muitos municípios brasileiros sequer cobram pelos serviços de manejo dos resíduos. Cerca de 47% não o fazem (BRASIL, 2020). Seguido a isso, da fração restante que cobra, mais de 86% o fazem na forma de imposto sobre a propriedade predial e territorial urbana (IPTU), que tendo a mesma base de cálculo que o próprio IPTU, levando à bitributação, o que é vedado pela constituição brasileira, logo, inconstitucional (ONOFRE, 2011). Além disso, a saúde financeira dos serviços de manejo de resíduos está comprometida, uma vez que apenas 2,1% dos municípios brasileiros conseguem cobrir suas despesas com o serviço apenas com sua arrecadação (BRASIL, 2019).

Importantes avanços para atenuar o problema no Brasil foram feitos há cerca de dez anos, com a aprovação das políticas nacionais de saneamento básico e de resíduos sólidos, pois, pela primeira vez, foi instituído um arcabouço legal que trata a gestão do saneamento básico de forma integrada. Dentro dessas políticas, estão positivados princípios e objetivos e instrumentos sobre como a questão sanitária deve tratada, sendo que o planejamento é tratado como aspecto fundamental da gestão dos serviços (BRASIL, 2009). Dentro dos seus objetivos, também está a busca pela sustentabilidade financeira dos serviços de saneamento. Para que isso aconteça, dentro da política estão definidos os planos de saneamento e de resíduos sólidos, com seus conteúdos definidos para cada esfera. Da mesma forma, a elaboração dos planos para os municípios é essencial, pois só poderão receber recursos da União para realização de serviços referentes a saneamento os municípios com planos instituídos (BRASIL, 2010).

Considerando esse cenário, buscam-se alternativas para que os pequenos municípios do Rio Grande do Sul gerenciem de uma forma mais eficiente os serviços de manejo de resíduos sólidos. A amostra selecionada contém os municípios que são participantes do convênio entre a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) e os municípios participantes do Consórcio Intermunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos (CIGRES).

O desenvolvimento desse trabalho busca relacionar a complexidade de prestação do serviço e a de se implementar um modelo de cobrança de resíduos sólidos. Dessa forma, busca-se obter uma ferramenta que auxilie os gestores a otimizarem os custos, e não a cobrança.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma ferramenta matemática que auxilie os gestores de pequenos municípios do Rio Grande do Sul (RS) a otimizarem os custos de coleta de resíduos sólidos domésticos (RSD), considerando diferentes modelos de prestação dos serviços de gerenciamentos dos RSD.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Com base no SNIS, avaliar quais dados são relevantes para obtenção de um modelo matemático que determine o custo de coleta de um pequeno município;
- Filtrar os municípios com a maior quantidade disponível de dados para a geração dos modelos;
- Verificar se é possível determinar o custo de coleta de um pequeno município por modelos de regressão linear múltipla;
- Identificar qual o modelo de prestação é mais vantajoso para os pequenos municípios do RS.

3 HIPÓTESES

- i.** A quantidade de RSD coletado e a distância até o local de disposição são componentes relevantes na composição do custo de coleta de RSD dos municípios do RS;
- ii.** O modelo de gestão associada é mais vantajoso para pequenos municípios frente ao modelo de prestação através de terceirização.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos podem ser classificados das mais diversas formas, que pode ser quanto a sua origem (BRASIL, 2019), composição (MAESTRI et. al, 2018) ou periculosidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), que é baseada em cinco critérios: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Utilizando esses critérios, são instituídas três possíveis classificações: perigosos (Classe I), não-perigosos não inertes (Classe II-A) e não-perigosos inertes (Classe II-B). No entanto, mais importante para esse trabalho, é a classificação feita por Brasil (2019), onde os resíduos são divididos em resíduos sólidos de origem domiciliar (RDO), os quais serão utilizados nesse trabalho, e os resíduos de poda e varrição urbana (RPU), e que não serão considerados nos modelos matemáticos que esse trabalho pretende apresentar, uma vez que existe grande dificuldade em fazer o cálculo do custo para esse serviço por questões tributárias.

4.1.1 Interveniência e a importância da quantificação

O relatório de 2017 do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) fornece dados referentes à quantificação de diferentes formas: eles podem ser fornecidos separando por região, ou ainda, por faixas populacionais. Além disso, são separados por municípios que pesam e não pesam seus resíduos. Nesse relatório também há o comparativo desses dados nos últimos quatro anos.

Considerando a natureza desse trabalho, de se fazer uma avaliação referente a pequenos municípios, considerando que sejam os que pertencem à faixa populacional 1 do SNIS, é interessante demonstrar os dados referentes de quantificação, considerando as faixas populacionais, que se apresentam na Tabela 1 a seguir, e entre municípios que realizam ou não a pesagem dos resíduos gerados.

Tabela 1 – Divisão das faixas populacionais feita pelo SNIS.

Faixa Populacional	Intervalo Populacional (hab)
1	até 30.000
2	30.001 a 100.000
3	100.001 a 250.000
4	250.001 a 1.000.000
5	1.000.001 a 4.000.000
6	Acima de 4.000.001

Fonte: Adaptado de Brasil (2019).

Primeiramente, mostram-se os dados referentes à geração média de RDO e RPU que são a soma dos resíduos domiciliares e os de poda urbana, para a população urbana desses municípios, conforme a tabela 2 a seguir.

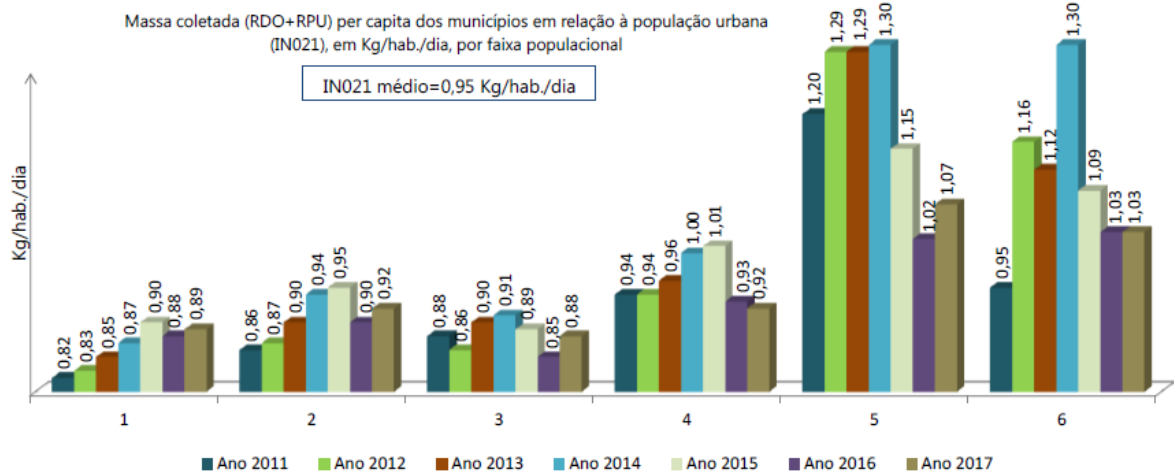
Tabela 2 – Valor médio da massa de resíduos coletada no Brasil, considerando faixas populacionais.

Faixa Populacional	Quantidade de Municípios	Massa Coletada Per Capita		
		Mínimo	Máximo	Médio
	Municípios	kg/(hab.dia)		
1	2628	0,10	2,76	0,89
2	545	0,10	2,77	0,92
3	157	0,22	1,96	0,88
4	85	0,34	1,71	0,92
5	15	0,60	1,77	1,07
6	2	0,90	1,27	1,03

Fonte: Adaptado de Brasil (2017).

Uma primeira conclusão a que se pode chegar observando a tabela acima, é a de que, considerando os municípios participantes do SNIS, quanto maior a população de um município, maior tende a ser a geração de resíduos pela população, e que isso ocorre também historicamente, conforme a figura 1 a seguir.

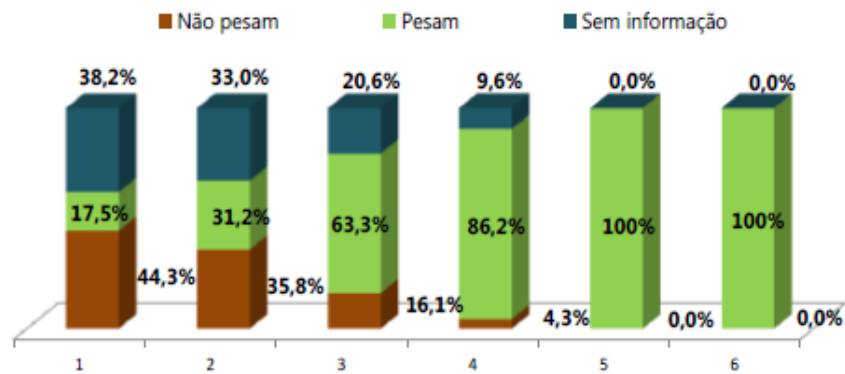
Figura 1 – Histórico do valor médio da massa de resíduos coletada no Brasil, considerando faixas populacionais apresentadas.



Fonte: Brasil (2017).

Ainda Referente à figura 1, também é possível constatar a evolução na geração dos resíduos sólidos. Historicamente, pode ser observado um aumento nas faixas populacionais 1 e 2, faixas das quais participam os municípios da amostra desse trabalho. A partir de 2015, houve certa estabilidade nesse valor médio de geração per capita, criando-se um patamar. Também é importante mostrar que são os municípios da primeira faixa populacional, conforme mostra a figura 2, o que menos fazem a pesagem dos seus resíduos, apenas 17,5%. Dessa forma, o valor fornecido pelo município para o SNIS passa a ser uma estimativa, que podem causar valores discrepantes em relação a valores fornecidos por municípios que realizam a pesagem.

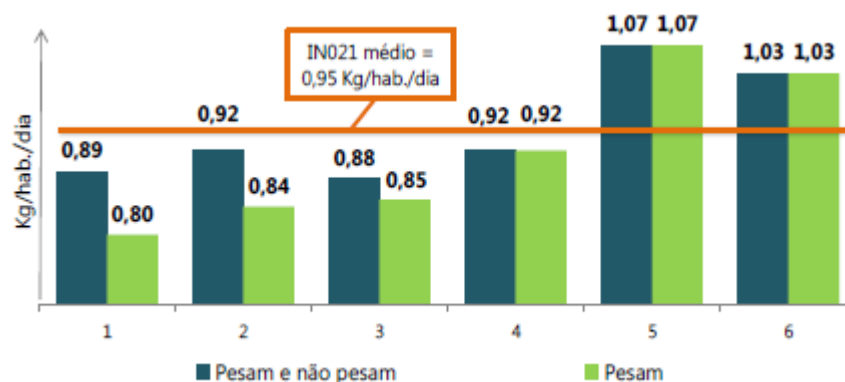
Figura 2 – Relação percentual dos municípios que pesam e que não pesam o resíduo gerado, divididos por faixas populacionais.



Fonte: Brasil (2017).

Além disso, conforme a figura 3, pode ser visto que os municípios das primeiras faixas populacionais são os que apresentam as maiores diferenças entre os valores médios entre os municípios que pesam e que não pesam os seus resíduos. Essa diferença, que chega a ser de 0,09 kg/(hab.dia) para municípios da faixa populacional 1, apontada por BRASIL (2017), deve-se à possibilidade de que os pequenos municípios, que são os que geralmente não os pesam, estejam superestimando o peso dos resíduos coletados.

Figura 3 – Diferença da geração média de resíduos entre municípios que pesam que não pesam os resíduos, divididos por faixas populacionais.



Fonte: Brasil (2017).

4.1.2 Composição física

No que se refere à composição física, o conhecimento da composição gravimétrica, que apresenta as várias frações dos resíduos sólidos é a mais importante ferramenta para planejar e ajudar, na tomada de decisão sobre como gerenciar os resíduos sólidos, como alternativas de tratamento e dimensionamento da frota, por exemplo (MAESTRI, et. al., 2018). Um exemplo disso, também de acordo com MAESTRI et al. (2018), é da possibilidade de redução de custo do transporte para um município que gera muitos recicláveis e que tem contrato com uma empresa que direciona esses resíduos para aterro sanitário. A redução de custo aconteceria na composição do transporte final caso o município implementasse uma central de triagem, antes da disposição final no aterro.

4.1.3 Fatores intervenientes no aumento da geração

O crescimento da geração de resíduos sólidos é um fenômeno atual, sendo a consequência de vários fatores. Primeiramente, houve um grande crescimento populacional, que, de passou de cerca de 10 milhões de habitantes no final do Século XIX para quase 200 milhões de habitantes com projeção de alta segundo o último Censo do IBGE (IBGE, 2010a). A consequência do crescimento populacional é aumento da demanda por matéria-prima (ONOFRE, 2011), e, conseqüentemente, maior geração de resíduos, restando saber a geração per capita também aumenta.

O segundo fator a ser analisado é o aumento da população urbana. Durante a passagem do século XX, houve uma mudança significativa quanto ao retrato das cidades brasileiras, transformando o Brasil em um país essencialmente urbano (TUCCI, 2007). Na tabela 3 é possível ver como evoluiu a população urbana no Brasil, e, ainda, o autor explica que, embora esse fenômeno tenha começado em regiões metropolitanas, esses processos inadequados de urbanização e o conseqüente impacto ambiental estão se reproduzindo em cidades menores, considerando esses valores como dados censitários.

Tabela 3 – Evolução da população urbana no Brasil.

Ano	População	População Urbana
1970	93,100,000	55.90%
1980	118,000,000	68.20%
1991	146,800,000	75.60%
1996	157,100,000	78.40%
2000	169,800,000	81.30%
2010	190,755,799	84.70%

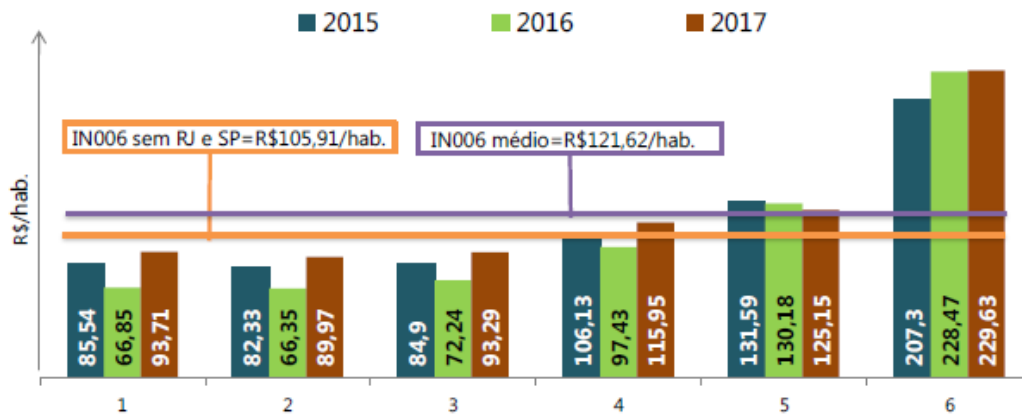
Fonte: Adaptado de Tucci (2007); IBGE (2010a).

Assim, o aumento da geração dos resíduos, de acordo com Onofre (2011), tem ocasionado transtornos para as cidades, pois essas não conseguem dar destinação final adequada para os resíduos, que é ocasionado pelo elevado custo de gerenciamento dos resíduos sólidos. O custo de coleta é elevado, e há poucos locais adequados para a construção de aterros sanitários, cuja manutenção também tem um custo elevado.

4.1.4 Cobrança para o manejo dos resíduos e suficiência financeira

São vários os estudos que apontam para a dificuldade em se implementar um sistema de cobrança justo para o manejo de resíduos sólidos. Brasil (2019), aponta que as despesas médias são da ordem de R\$ 92,18 por habitante/ano para os municípios que participavam do SNIS em 2017, considerando as três primeiras faixas populacionais, sendo que a primeira corresponde a municípios com até 30 mil habitantes, a segunda compreende municípios entre 30 mil e 100 mil habitantes, e a terceira, municípios entre 100 mil e 250 mil habitantes. Para se ter um parâmetro sobre esse valor, mais adiante será mostrado o índice de sustentabilidade financeira desses municípios, divididos em faixas populacionais. É importante também ressaltar que o próprio relatório do SNIS faz essa observação, pois os municípios com mais de 250 mil habitantes oneram muito mais os cofres públicos nesse quesito, conforme a figura 4. Por fim, também é importante indicar que o IN006 se refere a um dos indicadores do SNIS. Todo relatório anual do SNIS traz também as tabelas com os dados que os municípios forneceram, e, com esses dados, são calculados indicadores, que são identificados por códigos e lançados junto ao relatório anual. No caso IN006 corresponde ao indicador referente à despesa per capita com manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em relação à população urbana

Figura 4 – Evolução da despesa per capita dos municípios com RSU divididos em faixas populacionais.

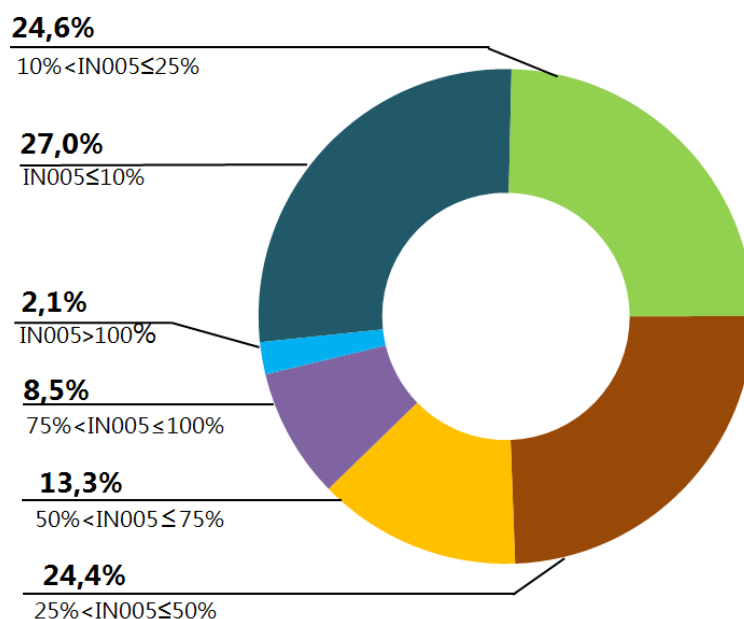


Fonte: Brasil (2019).

Brasil (2009), aponta que os motivos para isso são a falta de cobrança pelos serviços e que adotar um sistema não é trivial: as atividades possuem natureza variável e as fontes de financiamento devem ser articuladas. Por exemplo, os serviços de limpeza urbana como a poda, a varrição, e a raspagem das ruas, entre outros, são indivisíveis, não podendo ser cobrados por taxa, conforme o artigo 145 da Constituição Federal (BRASIL, 1988).

A dificuldade em se instituir uma cobrança justa e eficiente implica problemas para que os municípios cubram os custos com a gestão dos resíduos. O relatório de 2017 do SNIS apresenta que apenas 2,1% dos municípios participantes conseguem cobrir os seus custos com manejo de resíduos com as receitas correspondentes, ou seja, possuem o índice IN005, que se refere à fração das despesas com custos cobertas pelas receitas arrecadadas pelo município, maior do que 100%, conforme a figura 5.

Figura 5 – Frações da autossuficiência financeira dos municípios brasileiros por faixas.



Fonte: Brasil (2019).

Contudo, existem fatores intervenientes nesses resultados que devem ser considerados, como a região onde o município se encontra, conforme mostra a tabela 4, que mostra que os piores índices estão na região centro-oeste e os melhores na região sul.

Tabela 4 – Índice de autossuficiência financeira conforme a região no Brasil.

Região	Quantidade de municípios	Autossuficiência financeira (IN005)		
		Mínima (%)	Máxima (%)	Indicador médio (%)
Norte	25	1,43	105,6	39,7
Nordeste	34	1,10	108,3	32,7
Sudeste	456	1,20	117,6	64,4
Sul	631	1,02	115,7	53,6
Centro-Oeste	49	1,17	110,6	29,5
Total - 2017	1.195	1,02	117,6	54,6
Total - 2016	1.139	1,04	113,5	53,8
Total - 2015	1.134	0,02	108,2	47,6

Fonte: Brasil (2019).

Além disso, considerando o agrupamento em faixas populacionais, percebe-se, conforme a tabela 5, que são os municípios pequenos os que mais têm dificuldade em cobrir os seus gastos com o manejo de resíduos.

Tabela 5 – Relação, em porcentagem, de quanto os municípios conseguiram cobrir seus custos com o manejo dos resíduos sólidos com suas receitas arrecadadas para o serviço em 2017.

Faixa Populacional	Intervalo Populacional (hab)	Quantidade de Municípios participantes	Autossuficiência Média
1	até 30.000	868	28.2%
2	30.001 a 100.000	193	42.3%
3	100.001 a 250.000	74	47.2%
4	250.001 a 1.000.000	49	41.2%
5	1.000.001 a 4.000.000	10	51.1%

Fonte: Adaptado de Brasil (2019).

É importante destacar que essa dificuldade para cobrir os gastos não implica necessariamente uma maior incidência na proporção das contas da prefeitura no gasto com o manejo de resíduos, conforme é mostrado na tabela 6, já que as maiores incidências ocorrem, ainda que não significativamente maiores, nos municípios de maior porte.

Tabela 6 – Relação, em porcentagem, dos gastos com manejo de resíduos sólidos na despesa corrente da prefeitura em 2017.

Faixa Populacional	Intervalo Populacional (hab)	Quantidade de Municípios participantes	Participação média na despesa corrente da Prefeitura
1	até 30.000	2550	2.7%
2	30.001 a 100.000	550	3.4%
3	100.001 a 250.000	153	3.8%
4	250.001 a 1.000.000	83	4.8%
5	1.000.001 a 4.000.000	15	3.6%

Fonte: Adaptado de Brasil (2019).

O que pode explicar melhor os dados mostrados na tabela 3 é o fato de que também são os pequenos municípios que muitas vezes não executam a cobrança pelo serviço, conforme a tabela 7.

Tabela 7 – Relação, em porcentagem, da fração dos municípios participantes do SNIS que executaram a cobrança pelos serviços de manejo dos resíduos sólidos em 2017.

Faixa Populacional	Intervalo Populacional (hab)	Quantidade de Municípios participantes	Fração dos Municípios que cobram
1	até 30.000	2727	44.4%
2	30.001 a 100.000	569	47.5%
3	100.001 a 250.000	158	60.8%
4	250.001 a 1.000.000	85	71.8%
5	1.000.001 a 4.000.000	15	66.7%

Fonte: Adaptado de Brasil (2019).

Ainda conforme a tabela 7, menos da metade dos municípios da faixa 1 cobram pelos serviços de manejos de resíduos sólidos no Brasil. Um fator agravante é que essa fração representa apenas os municípios que fornecem os seus dados para o SNIS, pois, havendo municípios que não fornecem os seus dados para o sistema, eles tendem a não executar a cobrança. Assim, Brasil (2019) estima que 67% dos municípios brasileiros não executam a cobrança. Já de acordo com Rio Grande do Sul (2014), 44% dos municípios do Estado apresentam cobrança, 18% não cobram, e 38% não informaram, sendo esse o último diagnóstico feito em relação a resíduos a nível estadual.

Quanto aos métodos de cobrança, as formas mais usuais são: taxa específica no boleto de IPTU, taxa específica no boleto de cobrança de água, e taxa em boleto específico, além de haver outros métodos, não especificados no SNIS. A tabela 8 mostra de que forma são cobrados os serviços de manejo conforme a região do Brasil.

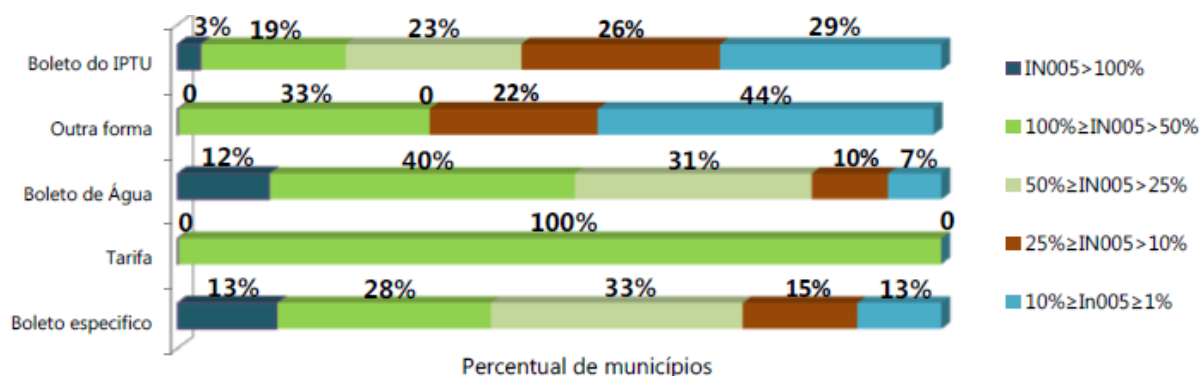
Tabela 8 – Cobrança pelos serviços de gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil, por região, e por tipo de cobrança.

Região	Número de Municípios que cobram	Forma de Cobrança (%)				
		Boleto IPTU	Boleto Específico	Tarifa	Outro	Boleto de Água
Norte	37	83,8	10,8	0,0	2,7	2,7
Nordeste	69	91,3	4,3	0,0	2,9	1,4
Sudeste	637	92,2	1,7	0,5	1,3	4,4
Sul	828	81,9	4,0	0,2	0,5	13,4
Centro-Oeste	77	71,4	2,6	1,3	1,3	23,4
Total - 2017	1648	85,8	3,2	0,4	1,0	9,6

Fonte: Brasil (2019).

Sobre a eficiência de cada método de cobrança, observa-se, conforme a figura 6, que, embora o método da cobrança de taxa no boleto do IPTU ser a mais usual, principalmente na região sudeste, não necessariamente apresenta os melhores resultados. Pode-se ver que, dos municípios que executam a cobrança dessa forma, 78% apresentam uma autossuficiência financeira abaixo dos 50%, enquanto o modelo de cobrança de taxa específica no boleto de água apresenta uma autossuficiência financeira acima dos 50% para 52% dos municípios que adotaram esse modelo de cobrança. Sobre o modelo de cobrança na forma de tarifa, embora tenha os melhores resultados, BRASIL (2019) considera muito pequena a amostra de municípios que executam a cobrança dessa forma, assim, indica, a cobrança de taxa específica no boleto de água como a mais efetiva.

Figura 6 – Autossuficiência financeira conforme o método de cobrança nos municípios brasileiros.



Fonte: Brasil (2019).

Brasil (2009), aponta que os recursos destinados para esses serviços devem estar claramente discriminados no orçamento municipal, e não embutidos em taxas ou tarifas, sob pena de inconstitucionalidade, conforme Onofre (2011). Dessa forma, ainda segundo a autora, as prefeituras buscaram adotar algum outro meio de cobrança que fosse benéfico para o titular e justo para o usuário. Vale ressaltar que esse problema não é exclusivamente brasileiro, uma vez que conforme Rodrigues (2013), Portugal também tem dificuldade em manter um equilíbrio financeiro na prestação desses serviços ao mesmo tempo em que as tarifas cobradas não refletiam a quantidade de resíduo gerada.

Rodrigues (2013) e Santos (2010) propuseram, então, estudos baseados na cobrança de resíduos conforme a sua quantia gerada, e ambos os autores chegaram a conclusões positivas quanto à aceitabilidade e a viabilidade da implantação do sistema. Para a realidade brasileira, Butto et al. ([s. d.]) considera que o país não tem um setor de gerenciamento de resíduos sólidos bem estruturado, de forma que se devem buscar formas indiretas de estimação da geração de resíduos.

O estudo de Onofre (2011), apontou uma correlação entre a geração de resíduos domiciliares e o consumo de água e de energia elétrica, embora apenas a correlação entre resíduos gerados e consumo de água tenha sido considerada satisfatória. À conclusão semelhante chegou Franco et al. (2014), que obteve boas correlações, quando os dados de consumo de água e energia elétrica foram agrupados por faixa de consumo, para estimar a geração de resíduos sólidos domiciliares.

4.1.5 Política nacional de resíduos sólidos

Os serviços de manejo de resíduos sólidos muitas vezes ficam a cargo de órgãos de administração direta dos municípios, normalmente em secretarias relacionadas ao meio ambiente, sendo que 93,7% dos municípios brasileiros participantes do SNIS realizam o serviço nessa modelagem (BRASIL, 2019). A política nacional de Resíduos Sólidos, Lei Federal 12.305/10 foi o marco regulatório dos serviços de gerenciamento dos resíduos sólidos, em que, pela primeira vez, sua gestão foi pensada de forma integrada, isso é, de acordo com Brasil (2010), os serviços de gerenciamento, que incluem coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e dos rejeitos devem levar em consideração as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável para as ações de solução para o problema dos resíduos sólidos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010), veio como solução para regular a reciclagem e disciplinar o manejo dos resíduos sólidos, implicando em mudanças para consumidores, empresas e poder público (KNEIPP, 2012). Os autores ainda explicam que, por muito tempo, o gerenciamento dos resíduos ficava restrito à coleta e à limpeza das cidades, não sendo dada importância ao tratamento e à disposição final. Com a publicação da lei, de acordo com Souza (2012), foi preenchido o arcabouço para desenvolver a gestão dos resíduos no país, fazendo-se necessário mudanças nos sistemas de manejo existentes anteriormente à aprovação da lei. Essa política traz as diretrizes, os objetivos, os instrumentos e as diretrizes para o manejo dos resíduos sólidos.

O artigo 6º da lei traz os seus princípios em que podem se destacar: o poluidor-pagador, pois culmina nos instrumentos de cobrança previstos na lei; a cooperação entre os vários atores da sociedade, o valor econômico e social do resíduo reutilizável ou reciclável; o direito da sociedade à informação e ao controle social; e, por fim, a visão sistêmica na gestão dos resíduos sólidos, considerando as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública.

O objetivo da lei a ser verificado no trabalho está no inciso X, pois está relacionado com a garantia da sustentabilidade econômico-financeira dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos através de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados. Sobre como dar-se-á esse mecanismo, isso deverá estar contido no Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos dos municípios. Os

planos de resíduos sólidos são instrumentos de gestão voltados para o planejamento das ações referentes ao manejo de resíduos sólidos. Todos os entes federados devem elaborar os seus planos, sendo que, para os estados e municípios, é condição obrigatória para acesso à recursos oriundos da União, ou a órgão ou a entidade correspondente a ela para serviços relacionados à limpeza urbana e ao manejo de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

A lei estabelece o conteúdo mínimo de um plano de gestão municipal no artigo 19, e deve incorporar itens como: diagnóstico da situação atual referentes à origem, ao volume, e à caracterização dos resíduos; possibilidades de implantação de soluções consorciadas ou compartilhadas com outros Municípios; indicadores de desempenho referente aos serviços de manejo e limpeza pública; programas de estímulo à não geração, à redução, à reutilização e à reciclagem de resíduos sólidos; programas e ações para a participação das cooperativas ou de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis; metas de redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem (BRASIL, 2010). Silva, Silva e Alvarenga (2018), resumem o conteúdo dos planos em diagnósticos, cenários, metas de redução, programas, projetos e ações para a gestão dos resíduos sólidos.

4.2 MODELAGEM DOS SERVIÇOS DE SANEAMENTO

De acordo com Brasil (2009), a modelagem dos serviços de saneamento depende de uma série de fatores como o porte e a localização do município, além do nível de especialização para execução das ações de que se dispõe localmente.

4.2.1 Prestação Direta dos Serviços

A prestação direta dos serviços é executada por algum órgão ou secretaria do município. Para a execução dos serviços de manejo de resíduos sólidos, é a modalidade mais utilizada por municípios que participaram do SNIS em 2006 (BRASIL, 2009). Dos 247 municípios que participaram da amostra naquele ano, 85,6% prestam os serviços por meio da administração pública direta centralizada, apenas 6,8% por meio de autarquia e os restantes 7,6% por meio de empresas públicas ou de economia mista. Atualmente, ainda mais municípios adotam a primeira modalidade para gerenciamento dos seus resíduos: 94,3% prestam por meio da Administração Direta, 2,1% por autarquia, 3,0% por empresa pública e 0,6% por sociedade de economia mista (BRASIL, 2020).

Quando essa modalidade é adotada, geralmente os custos de manejo de resíduos sólidos não são cobertos pelas receitas, utilizando recursos diretamente do orçamento municipal, sem especificação do serviço (BRASIL, 2009). Vale lembrar que a administração pode terceirizar serviços que não envolvam poder de polícia, ou seja, podem terceirizar atividades como a prestação de serviços materiais, como locação de caminhões coletores de lixo para viabilizar a coleta/transporte de resíduos sólidos urbanos, e para os recursos humanos.

4.2.2 Prestação Indireta dos Serviços

Quando a prestação dos serviços de saneamento é feita de forma indireta, o titular delega a prestação do serviço, que pode ser de três formas: i) legal, ii) delegação contratual, ou iii) gestão associada.

4.2.2.1 Forma legal

Quando o titular pretende executar o serviço de forma indireta, por delegação legal, ele cria uma pessoa jurídica de Direito Público detentora de prerrogativas e deveres igualmente públicos, caracterizando uma autarquia, cuja remuneração será feita na forma de taxa pelos usuários. Ainda por delegação legal, ela poderá ocorrer por empresa pública, sociedade de economia mista, autarquia ou fundação pública, mediante lei específica e autorização legislativa. Sendo pessoas jurídicas de Direito Privado que sofrem a influência de regras publicistas, por exemplo, necessitam realizar contratações por concurso público, além de conhecerem com maior grau de realidade os custos envolvidos na prestação dos serviços. As remunerações são feitas por tarifas (BRASIL, 2009).

4.2.2.2 Delegação Contratual

Na delegação contratual, o município transfere a prestação do serviço de saneamento por meio de concessão ou permissão. O último, como é caracterizado por ser de natureza precária, é vedado pelo décimo artigo da Lei Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2007). Já a transferência por concessão, pode assumir duas formas, a comum e a especial.

Dentro da concessão comum, o município transfere os serviços para o particular realizar o serviço sem aporte financeiro do titular, sendo que a remuneração pela prestação do serviço é paga diretamente pelo usuário. Essa modelagem tornou-se comum após a instituição do Plano

Nacional de Saneamento (PLANASA) em 1971, que foi uma iniciativa que partiu do Governo Federal para a universalização do acesso aos serviços de saneamento a partir da criação das companhias estaduais de saneamento e o financiamento dessas. Nesse contexto o município concedia os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário para as companhias estaduais. Essa modelagem também é comum quando um município transfere a execução de uma obra pública para uma outra pessoa jurídica, que, após a conclusão poderá explorar os serviços dali decorrentes cobrando dos usuários a devida tarifa, como por exemplo, a execução de um aterro sanitário (BRASIL, 2009).

Já nas concessões especiais, também conhecidas como Parceria-Público-Privada (PPP), a Administração Pública busca um parceiro da iniciativa privada para a prestação dos serviços com repartição dos riscos, uma vez que há aporte financeiro para o lado privado para que esse tenha um prejuízo menor no caso de serviços deficitários. As PPP podem ser do tipo patrocinadas ou administradas: no primeiro tipo, a remuneração do parceiro privado decorre, em parte, do pagamento das tarifas pelos usuários e, de outra parte, de recursos públicos dados pelo parceiro público. Isso ocorre quando as tarifas cobradas dos usuários não são satisfatórias para compensar os investimentos realizados pelo parceiro privado. O segundo tipo trata da PPP administrada, em que não há cobrança de tarifa dos usuários, sendo que a remuneração do parceiro privado é exclusivamente oriunda do parceiro público (BRASIL, 2009).

4.2.2.3 Gestão Associada

Esse modelo de prestação se dá quando os municípios buscam a cooperação de outros entes da Federação para o planejamento, regulação, fiscalização e prestação dos serviços de saneamento básico através de um contrato de programa, que pode ser via consórcio público ou convênio de cooperação (BRASIL, 2009).

Ainda de acordo com os autores, o consórcio público se caracteriza pela junção de municípios com estados, Distrito Federal ou União para desempenhar uma atividade de interesse comum, formando uma nova pessoa jurídica. Podem ser tanto de Direito Público como de Direito Privado, no primeiro caso, caracteriza-se como uma associação pública que integrará a estrutura administrativa das unidades da Federação consorciadas, assumindo a forma de autarquia Inter federativa. O consórcio público de direito privado funciona como uma associação civil sem fins lucrativos que devem obedecer às regras publicistas, com obrigações análogas à delegação legal. A remuneração do consórcio público será por recursos públicos

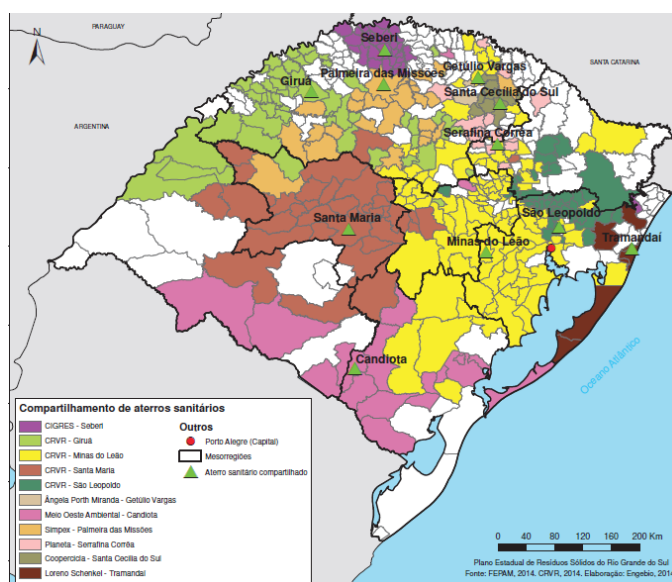
oriundos dos entes da Federação consorciados, sob a forma de contrato de rateio, além de recursos públicos decorrentes do pagamento de tarifas e de outros preços públicos decorrentes da prestação de serviços públicos.

O modo de funcionamento de um convênio de cooperação também se caracteriza pela junção de entes da Federação para a execução de uma atividade de interesse comum, porém sem a criação de uma pessoa jurídica, logo, um modelo de prestação menos complexo do que o consórcio. De toda forma, como envolve dispêndio de recursos públicos, o chefe do Executivo de cada esfera de governo necessita de autorização legislativa para celebrá-lo.

4.3 DISTÂNCIA ENTRE OS MUNICÍPIOS DO RS E A DESTINAÇÃO FINAL

A figura 7 traz a relação entre os municípios e o local onde dispõem os seus resíduos. Nela, é possível notar que muitos municípios nem sempre dispõem seus resíduos nos aterros compartilhados mais próximo ao da sede do município, o que pode acabar num gasto com o transporte maior do que o necessário, ainda mais para um município pequeno.

Figura 7 – Aterros compartilhados do RS e quais municípios depositam neles.



Fonte: Rio Grande do Sul (2014).

O que pode explicar essa realidade é fato de que, a partir de 2014, os municípios não puderam mais dispor seus resíduos em lixões (BRANDÃO; DA SILVA, 2011), dessa forma, como o prazo para adaptação é curto, os municípios precipitadamente organizaram contratos terceirizados que nem sempre são os mais benéficos, pois, é questionável um município que se

situa ao norte do estado destinar seus resíduos para o aterro de Minas do Leão, sendo que há, no mínimo, cinco aterros sanitários compartilhados mais próximos.

Por outro lado, a utilização de aterros compartilhados se faz necessária, uma vez que o seu custo para implementação geraria um impacto muito grande nos orçamentos de pequenos municípios, uma vez que, de acordo com Brandão e da Silva (2011), apenas 14% dos municípios brasileiros teriam condições de manter aterros sanitários de forma individualizada tendo em vista que a fração máxima do produto interno bruto (PIB) usado para o pagamento do aterro é de até 12%. A solução individualizada foi considerada inviável pelo autor porque essa custaria aproximadamente 55% do PIB, em média, dos pequenos municípios brasileiros.

Por fim, o autor recomenda serem considerados os custos do transporte desses resíduos, de sua fonte geradora até o aterro, que pode ser feito por estudos de logística, com possíveis estações de transbordo, o que barateariam os custos.

4.4 ESTUDOS RELACIONADOS AO TEMA

A tabela 9 traz a relação dos principais estudos relacionados ao tema da pesquisa, ou ainda sobre as variáveis que compõem os serviços de manejo de resíduos sólidos.

Tabela 9 – Principais estudos revisados e relacionados com o desenvolvimento desse trabalho.

Autor	Ano	Assunto e Importância
VILELA; PIESANTI	2015	Viabilizar o uso da compostagem no tratamento e gerenciamento dos RS orgânicos gerados no campus da UFGD, eficiência do processo de compostagem termofílica em leiras estáticas com aeração natural para o tratamento dos resíduos sólidos orgânicos gerados no campus, demonstrando-se uma ótima alternativa, além de ser um processo fácil de ser utilizado e de baixo custo.
FRANCO et al.	2014	Dificuldades quanto ao financiamento e custos para o gerenciamento de resíduos sólidos. Considera que a taxa cobrada vinculada ao boleto do IPTU é insuficiente. Estuda uma possível correlação entre a geração de resíduos sólidos e o consumo de energia elétrica. Bons resultados se considerados consumos por faixa.
SANTOS	2010	Ineficiência do sistema de cobrança em Portugal, indica a implementação de um sistema em que se cobre pelo manejo de resíduos sólidos conforme a geração por peso ou volume.
RODRIGUES	2013	Bastante parecido com Santos (2010), é um estudo que avalia a aceitabilidade do serviço de cobrança por peso ou volume de resíduo em Portugal. O estudo chegou à conclusão de que há viabilidade para implantação do sistema, sobretudo com incentivos econômicos pela mudança de comportamento ambiental.
MAESTRI et al.	2018	Composição gravimétrica dos resíduos sólidos no RS, estipulou uma relação entre a composição dos resíduos e dados socioeconômicos, sendo que o melhor ajuste foi encontrado para a porcentagem de resíduos recicláveis e a renda per capita do município. Também dá ênfase à importância de se fazer a caracterização dos resíduos para elaboração dos PMGIRS.
SANTOS; ZANELLA	2008	Assim como Maestri et al. (2018), está relacionado com a composição dos resíduos em relação à renda per capita. Mostrou que bairros de Fortaleza/CE com maior renda per capita apresentaram maior fração de recicláveis na composição gravimétrica.
MUNHOZ	2015	Relacionado com a modelagem da prestação dos serviços de manejo de resíduos, mostrou que contratos por delegação, no modelo de PPP, atenderam a poucas diretrizes na PNRS, não havendo metas fixas para desempenho das concessionárias das cidades estudadas.

Principais estudos revisados e relacionados com a pesquisa (Continua)

Autor	Ano	Assunto e Importância
LISBOA et al.	2013	Os desafios dos pequenos municípios para planejar os serviços de saneamento básico. O trabalho identificou, através da Técnica do Discurso do Sujeito Coletivo, as principais dificuldades: indisponibilidade de recursos financeiros, limitação da qualificação profissional, falta de integração entre os órgãos de saneamento. Entretanto, os atores veem com otimismo a elaboração dos PMSB, pois reconhecem que eles trazem benefícios para o planejamento.
KNEIPP et al.	2012	Pesquisa exploratória em três municípios do RS, todos com terceirização da coleta e disposição em aterros sanitários. Mostrou que os municípios possuem dificuldade financeira para manutenção desses serviços e para fazer parte do mercado de recicláveis.
RODRIGUES et al.	(2015)	Análise das determinantes dos custos dos RSU nas capitais brasileiras. O serviço de manejo dos resíduos sólidos é considerado um monopólio natural, com determinantes que influenciam enquanto determinada municipalidade gasta: modelo de prestação do serviço, salários, frequência, operação, manutenção, combustível, IPVA, pneus, etc. Mostrou que os custos per capita de prestação dos serviços são maiores nas capitais da região sudeste, seguidas pelas do Norte, do Nordeste, do Sul e do Centro-oeste.
OLIVEIRA et al.	2015	Estudou os custos públicos para coleta de resíduos em Juiz de Fora/MG, avaliando a geração de resíduos per capita e gasto com gestão dos RSU. Mostrou que a gestão privada aumenta os custos dos serviços em relação às outras modelagens de prestação.
LOPES et al.	2007	Estudos sobre a metodologia do Centro de Custos, indicando os itens de maior impacto no custo operacional. Indica que a metodologia oferece maior precisão em relação às análises de custo médio.
LOPES; SANTOS	2012	Estudos sobre a metodologia do Centro de Custos, indicando os itens de maior impacto no custo operacional. Indica que a metodologia oferece maior precisão em relação às análises de custo médio.
LEMOS; CARVALHO; GURGEL	2017	Análise do Comportamento como subsídio possível à gestão dos resíduos sólidos. O estudo analisa a ciência do comportamento para mudança para comportamento pró-ambientais. Como metodologia, analisou artigos de avaliação e intervenção sobre comportamentos relacionados à temática dos resíduos sólidos. Mostrou que iniciativas educativas para lidar com os resíduos, como indicações de lugares e recompensas, são mais eficientes do que consequências punitivas, que embora efetivas, geram efeitos colaterais como fuga e esquiva.

Principais estudos revisados e relacionados com a pesquisa (Conclusão)

Autor	Ano	Assunto e Importância
SILVA et al.	(2017)	Proposta de um modelo de avaliação das ações do poder público municipal perante as políticas de gestão dos RSU no Brasil. O estudo indica que há vários modelos de planejamento, mas nenhum avalia o desenvolvimento das políticas municipais do Brasil. O artigo se desenvolve em cinco etapas, compreendendo as principais variáveis na prestação dos serviços de resíduos sólidos, pesquisa Delphi para validar as relações entre as variáveis, avaliação da relação entre as variáveis e os instrumentos para aplicações do modelo, no caso, em Curitiba/PR. Quanto ao município, o estudo considerou que o município universaliza os serviços, porém reutiliza e reaproveita muito pouco os resíduos.
SILVA et al.	(2015)	Proposta de definição para formulação de políticas públicas referentes aos serviços de resíduos sólidos. Objetivo de reduzir riscos e incertezas na prestação, como incentivos às políticas dos 3Rs e da hierarquização da geração. Aborda três conceitos de gerenciamento. Também abordou os tipos de modelos para planejamento, incluindo análise do custo-benefício. Termina com uma pesquisa Delphi para determinar as variáveis mais importantes, sendo algumas delas, em ordem decrescente: custo, coleta, aterro, Análise do Ciclo de Vida, incentivos financeiros, terceirização.
RODRIGUES et al.	(2019)	Modelagem computacional para comparativo de diferentes adições de biodiesel no transporte de RSU. O estudo indica que coleta e transporte correspondem entre 60% e 80% dos custos dos serviços de manejo de resíduos. Verificou que, com adição de 20% de biodiesel na mistura, há benefícios econômicos, na redução de custos, e ambientais, na redução da emissão de CO ₂ .

Fonte: Autor.

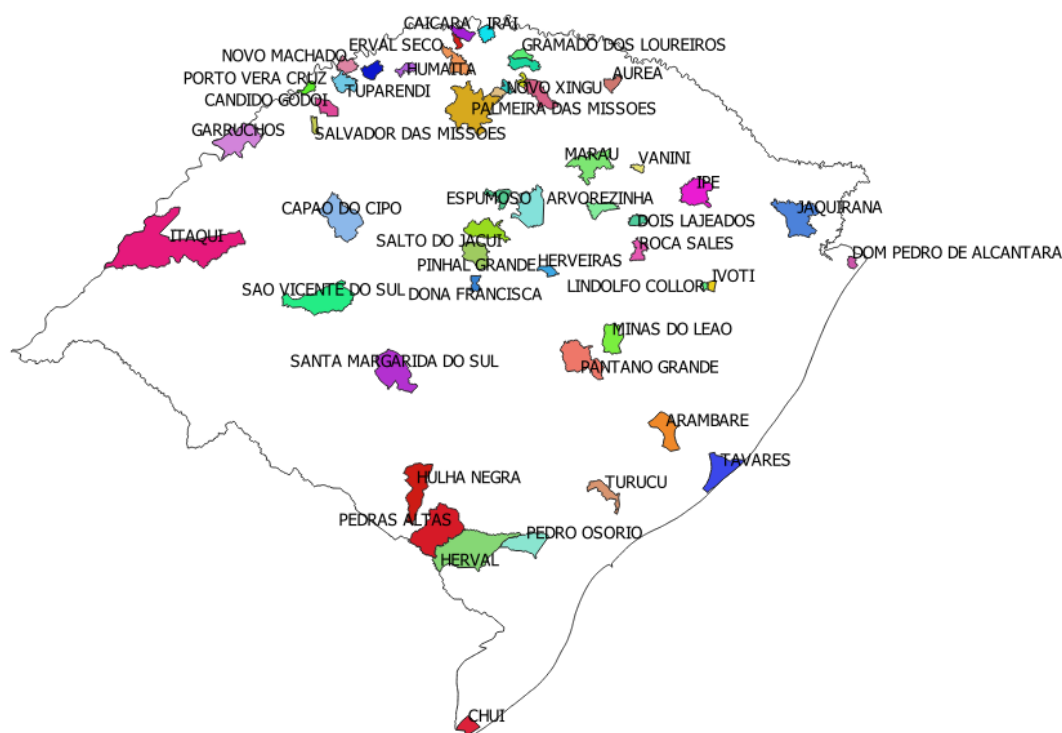
5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 SELEÇÃO DOS MUNICÍPIOS

5.1.1 Municípios do convênio UFRGS-FUNASA

A primeira amostra do estudo contém 52 municípios do Rio Grande do Sul. Como características em comum, são municípios que pertencem à faixa populacional 1 do SNIS e que participam no convênio UFRGS-FUNASA para a elaboração dos Planos Municipais de Saneamento por meio do Termo de Execução Descentralizada (TED). Como pode ser visto na figura 8, a seleção dos municípios engloba praticamente todas as regiões do estado.

Figura 8 – Relação dos Municípios participantes do convênio UFRGS-FUNASA que fazem parte da amostra de estudo.



Fonte: Autor.

5.1.2 Municípios participantes do CIGRES

Para que haja uma outra amostra para efeitos de comparação, serão avaliados também os municípios que fazem parte de um consórcio intermunicipal, no caso desse trabalho, o

CIGRES. Atualmente fazem parte do CIGRES os seguintes municípios do Rio Grande do Sul: Ametista do Sul, Boa Vista das Missões, Caiçara, Cerro Grande, Cristal do Sul, Derrubadas, Erval Seco, Frederico Westphalen, Iraí, Jaboticaba, Lajeado do Bugre, Liberato Salzano, Miraguaí, Novo Tiradentes, Palmitinho, Pinhal, Pinheirinho do Vale, Rodeio Bonito, Sagrada Família, São José das Missões, São Pedro das Missões, Seberi, Taquaruçu do Sul, Tenente Portela, Vicente Dutra, Vista Alegre e Vista Gaúcha. O aterro compartilhado do consórcio se situa em Seberi. Todos esses municípios também pertencem à faixa populacional 1 do SNIS.

5.1.3 Categorização

Primeiramente, os municípios serão divididos em categorias conforme a modelagem do serviço de gerenciamento dos serviços de resíduos, conforme a tabela 10. Todas essas possibilidades de modelos de prestação dos serviços constam na planilha de informações dos serviços de manejo de resíduos sólidos do SNIS.

Tabela 10 – Possíveis modelos de prestação dos serviços de manejo de resíduos, divididos em categorias.

Categoria	Modelo de prestação do serviço
1	Exclusivamente pela Administração direta, sem terceirizações
2	Coleta, Transporte e Disposição Final Terceirizados Sem Consórcio
3	Coleta, Transporte e Disposição Final Terceirizados com Consórcio

Fonte: Autor

A tabela 11 traz a relação dos municípios avaliados na forma de lista, com sua população estimada, conforme a modelagem da prestação do serviço de manejo de resíduos realizado pelo município. Diferentemente da tabela 12, em que há distância fixa entre os municípios e Seberi/RS, que é o local do aterro compartilhado do CIGRES, nessa tabela não será apresentada a distância entre o município e o local final de disposição, pois, dependendo do ano, foram fornecidas distâncias diferentes entre o município e o local final de disposição.

Tabela 11 – Lista dos municípios da amostra, população, categoria de modelagem da prestação do serviço.

Ordem	Município	Categoria
1	Arambaré	2
2	Arvorezinha	2
3	Áurea	2
4	Caiçara	3
5	Cândido Godói	2
6	Capão do Cipó	1
7	Chuí	1
8	Dois Lajeados	1
9	Dom Pedro de Alcântara	1
10	Dona Francisca	1
11	Gramado dos Loureiros	3
12	Engenho Velho	1
13	Espumoso	2
14	Erval Seco	3
15	Garruchos	1
16	Herveiras	2
17	Herval	2
18	Horizontina	2
19	Hulha Negra	1
20	Humaitá	1
21	Ipê	2
22	Iraí	3
23	Itaqui	2
24	Ivoti	2
25	Jaquirana	2
26	Lajeado do Bugre	3
27	Lindolfo Collor	2
28	Marau	2
29	Minas do Leão	2
30	Novo Xingu	3
31	Novo Machado	2

Ordem	Município	Categoria
32	Palmeira das Missões	2
33	Pantano Grande	3
34	Pedras Altas	1
35	Pedro Osório	2
36	Pinhal Grande	2
37	Porto Vera Cruz	1
38	Quinze de Novembro	2
39	Roca Sales	2
40	Ronda Alta	1
41	Salto do Jacuí	2
42	Salvador das Missões	2
43	Santa Margarida do Sul	1
44	São José das Missões	3
45	São Vicente do Sul	2
46	Tavares	2
47	Três Palmeiras	3
48	Trindade do Sul	2
49	Tuparendi	2
50	Turuçu	2
51	Vista Alegre	3
52	Vanini	2

Fonte: Autor.

A tabela 12 apresenta-se de forma análoga à tabela 9, dessa vez apresentando os municípios pertencentes ao consórcio CIGRES.

Tabela 12 – Lista dos municípios da amostra pertencente ao CIGRES, bem como a distância do município até Seberi.

Ordem	Município	Categoria	Distância (Km)
1	Ametista do Sul	3	35,0
2	Boa Vista das Missões	3	28,4
3	Caiçara	3	26,0
4	Cerro Grande	3	59,1

Ordem	Município	Categoria	Distância (Km)
5	Cristal do Sul	3	25,3
6	Derrubadas	3	62,5
7	Erval Seco	3	24,0
8	Frederico Westphalen	3	9,8
9	Iraí	3	39,6
10	Jaboticaba	3	35,0
11	Lajeado do Bugre	3	50,1
12	Liberato Salzano	3	103,2
13	Miraguaí	3	62,5
14	Novo Tiradentes	3	46,1
15	Palmitinho	3	19,2
16	Pinhal	3	37,3
17	Pinheirinho do Vale	3	38,2
18	Rodeio Bonito	3	34,2
19	Sagrada Família	3	55,8
20	São José das Missões	3	59,6
21	São Pedro das Missões	3	50,6
22	Seberi	3	6,3
23	Taquaruçu do Sul	3	8,0
24	Tenente Portela	3	45,1
25	Vicente Dutra	3	40,6
26	Vista Alegre	3	29,0
27	Vista Gaúcha	3	50,0

Fonte: Autor.

5.2 REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

Para determinar se o custo de coleta está relacionado com a geração de RSD e com a distância até o local de disposição, foi usado a regressão linear múltipla que, de acordo com (PINTO; NAGHETTINI, 2007) consiste no estudo de uma varável dependente Y, que caso ela varie linearmente em função de duas ou mais variáveis X_i , o modelo geral pode ser escrita da seguinte forma:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_N X_N \quad \text{Eq. (1)}$$

onde Y é a variável dependente, ou seja, o custo de coleta do município, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_N$ são os coeficientes da regressão e X_1, X_2, \dots, X_N são as variáveis independentes, nesse caso, X_1 é a geração diária de RSD e X_2 é a distância até o local de disposição.

Havendo um conjunto de n valores de custo de coleta, associados, através de dados do SNIS, com n observações das variáveis independentes X_1 e X_2 , nesse caso, geração de RSD e distância até o local de disposição, consegue-se escrever o sistema de equações a seguir:

$$\begin{cases} Y_1 = \beta_1 X_{1,1} + \beta_2 X_{1,2} + \dots + \beta_N X_{1,N}, \\ Y_2 = \beta_1 X_{2,1} + \beta_2 X_{2,2} + \dots + \beta_N X_{2,N} \\ Y_3 = \beta_1 X_{3,1} + \beta_2 X_{3,2} + \dots + \beta_N X_{3,N} \\ \dots \\ Y_n = \beta_1 X_{n,1} + \beta_2 X_{n,2} + \dots + \beta_N X_{n,N} \end{cases} \quad \text{Eq. (2)}$$

onde Y_1 é o valor da primeira observação da variável dependente, $X_{1,1}$ é o valor da primeira observação da primeira variável independente, $X_{1,2}$ é o valor da primeira observação da segunda variável independente, assim como Y_2 é o valor da segunda observação da variável dependente associado a $X_{2,1}$, que é o valor associado a segunda observação da primeira variável independente, assim por diante.

É possível representar o sistema de equações acima na forma matricial, também já se considerando que serão trabalhadas apenas duas variáveis independentes X_1 (geração de RSD) e X_2 (distância até o local de disposição). Como serão determinados, a princípio, três modelos de prestação de serviço, o número de observações será diferente em relação aos três. Considerando isso, primeiramente será apresentado um sistema de matrizes com um número genérico n de observações:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \dots \\ Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{1,1} & X_{1,2} \\ X_{2,1} & X_{2,2} \\ \dots & \dots \\ X_{n,1} & X_{n,2} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \dots \\ \beta_n \end{bmatrix} \quad \text{Eq. (3)}$$

Para se determinar o valor dos coeficientes β , utiliza-se o método da minimização do somatório dos quadrados dos erros, que são representados em sua equação, e matricialmente por:

$$ei = Yi - \sum_{i=1}^n \beta_j X_{i,j} \quad \text{Eq. (4)}$$

$$\sum ei^2 = [e]^T * [e] = ([Y] - [X\beta])^T * ([Y] - [X\beta]) \quad \text{Eq. (5)}$$

Derivando a forma matricial apresentada acima em relação a β , e igualando essa derivada parcial a zero, obtém-se:

$$[X]^T * [Y] = [X]^T * [X\beta] \quad \text{Eq. (6)}$$

A solução para a equação acima, conhecida como equação normal de regressão é dada multiplicando os dois termos da equação por $([X]^T * [X])^{-1}$, sendo possível encontrar β , que se encontra na forma vetorial por:

$$[\hat{\beta}] = ([X]^T [X])^{-1} [X]^T [Y] \quad \text{Eq. (7)}$$

Para se determinar o somatório total dos quadrados primeiramente é apresentado em três parcelas:

$$\sum Y_i^2 = n\bar{Y}^2 + \sum (Y_i - \hat{Y})^2 + \sum (\hat{Y} - Y)^2 \quad \text{Eq. (8)}$$

Sua forma matricial pode ser escrita da seguinte forma:

$$[Y]^T [Y] = n\bar{Y}^2 + ([\hat{\beta}]^T [X]^T [Y] - n\bar{Y}^2) + ([Y]^T [Y] - [\hat{\beta}]^T [X]^T [Y]) \quad \text{Eq. (9)}$$

Para representar essas parcelas dos somatórios apresentadas frequentemente são apresentadas em uma tabela de análise de variância (ANOVA), em que SQReg e SQRes se tratam da soma dos quadrados da regressão e dos resíduos, respectivamente, SQT é a soma de SQReg e SQRes. Ainda, a tabela ANOVA mostra o valor médio dos quadrados da regressão, QMReg, dividindo o valor de SQReg pelo número de variáveis independentes (P), e da média dos quadrados dos resíduos, QMRes, obtida dividindo SQRes pelo número de graus de liberdade dos resíduos (n-P-1), em que n é o número de observações da amostra dos dados, que se apresentam conforme a tabela 13 a seguir:

Tabela 13 – Tabela ANOVA de regressão linear.

Fonte	Graus de Liberdade	Somatório dos Quadrados	Quadrado Médio
Regressão	P	$SQReg = [\beta]^T[X]^T[Y] - n\bar{Y}^2$	$QM Reg = \frac{SQ Reg}{P}$
Resíduos	n-P-1	$SQRes = [Y]^T[Y] - [\beta]^T[X]^T[Y]$	$QM Res = \frac{SQ Res}{n - P - 1}$
Total	n-1	$SQT = [Y]^T[Y] - n\bar{Y}^2$	

Fonte: adaptado de Naghettini e Pinto (2007).

5.3 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

Primeiramente, (PINTO; NAGHETTINI, 2007) mostra o cálculo do coeficiente de determinação múltipla (R^2), que é um valor que varia entre 0 e 1, e expressa a proporção da variância que é explicada pelo modelo de regressão. O coeficiente de regressão múltipla é a raiz do valor do coeficiente de determinação múltipla, cuja equação é dada por:

$$R^2 = \frac{SQReg}{SQT} = \frac{([\beta]^T[X]^T[Y] - n\bar{Y}^2)}{[Y]^T[Y] - n\bar{Y}^2} \quad \text{Eq. (10)}$$

Posteriormente a esse cálculo, deve-se determinar se há, ou não, uma relação significativa entre a variável dependente e as independentes, sendo feito o seguinte teste de hipótese:

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 \dots = \beta_n = 0$ (a relação das variáveis não é linear)

$H_1: \text{pelo menos um } \beta_1 \neq 0$

É feito, então, o cálculo da estatística teste para verificar a hipótese nula. O teste que é feito é o chamado F total, e é feito obtendo-se a razão entre o quadrado médio da regressão e o quadrado médio dos resíduos, que foram calculados conforme estão na tabela ANOVA, na tabela 11:

$$F = \frac{QM\ Reg}{QM\ Res} \quad \text{Eq. (11)}$$

Calculado F, a hipótese nula será aceita caso o F tabelado seja maior que o F calculado pela equação acima, assim, a hipótese nula será aceita, e o modelo desconsiderado se:

$$F_{calc} < F_{tab}$$

$$F < F(\alpha, P, n - P, 1)$$

Em que alfa é o nível de significância, que nesse trabalho será adotada a de 5%, P são os graus de liberdade da regressão (número de variáveis independentes) e n-P-1 os graus de liberdade dos resíduos, em que n é o número de observações para o modelo.

Por fim, é avaliado se os coeficientes β_i são significativos para a regressão múltipla, e isso é feito, de acordo com (PINTO; NAGHETTINI, 2007), considerando a hipótese de que os resíduos são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ_e^2 . A variância de um coeficiente β qualquer da regressão linear é dada por:

$$Var(\widehat{\beta}_i) = \widehat{\sigma}_{\beta_i}^2 = S\beta_i^2 = \widehat{C}_{ii}^{-1} \cdot \widehat{\sigma}_e^2 \quad \text{Eq. (12)}$$

onde C_{ii}^{-1} é o i-ésimo elemento da diagonal $[X^T X]^{-1}$ e $\widehat{\sigma}_e^2$ é a estimativa da variância dos erros e_i . Se o modelo encontrado estiver correto, $\widehat{\beta}_i/S^{\beta_i}$ é distribuído conforme t de Student, com n-P-1 graus de liberdade, e S^{β_i} calculado por:

$$S^{\beta_i} = \sqrt{C_{ii}^{-1} * S_e^2} \quad \text{Eq. (13)}$$

onde C_{ii}^{-1} é o i-ésimo elemento da diagonal $[X^T X]^{-1}$ e S_e^2 é uma estimativa das variâncias dos resíduos e_i .

Faz-se por fim, o teste de hipótese para verificar se $\beta_i = \beta_0$, onde β_0 é um valor constante e conhecido:

$$H_0: \beta_i = \beta_0$$

$$H_1: \beta_i \neq \beta_0$$

O cálculo da estatística teste é feito por:

$$t = \frac{\beta_i - \beta_0}{S\beta_i} \quad \text{Eq. (14)}$$

E a hipótese nula é rejeitada se $|t| > t\left(1 - \frac{\sigma}{2}, n - P - 1\right)$.

Em que σ é o nível de significância adotado, n o número de observações e P o número de variáveis independentes do modelo.

Para obtenção dos resultados referentes aos modelos de prestação, ordenaram-se os valores de distância até o local de disposição, em km. A geração per capita anual foi obtida dividindo a geração de RSD anual, dado que o SNIS fornece pela população estimada para o município no ano correspondente, dado que o SNIS também fornece. O SNIS também fornece o custo que o município teve por ano, que, dividindo pela população estimada para o ano, forneceu o custo com coleta per capita. Além disso, esses valores foram atualizados para valores estimados para 2018, cuja base utilizada foi o IPCA. Esses valores foram separados por modelo de prestação de serviço, assim, o Anexo A traz esses valores para os municípios que prestam o serviço através da Administração Direta com serviços terceirizados. O Anexo B traz os valores correspondentes ao modelo de prestação feito exclusivamente pela Administração Direta, e o Anexo C traz os dados referentes ao modelo de prestação feito por Consórcio.

Obtidos esses cálculos, foi gerada a planilha base com os dados correspondentes a municípios cuja prestação dos serviços de gerenciamento de Resíduos Sólidos é feita com responsabilidade da Administração direta dos municípios, que terceirizam esse serviço para alguma empresa privada.

5.4 ATUALIZAÇÃO DO VALOR DOS CUSTOS DE COLETA

Como foram utilizados valores monetários de 2009 a 2018, fez-se necessário corrigir esses valores para a data da base de dados mais recente. Para isso, foi utilizado um índice de correção, o IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo) acumulado a cada ano, entre 2009 e 2018, e atualizando os custos de coleta dos anos anteriores para 2018. Os valores desse índice se encontram no anexo D.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 MODELO DE ADMINISTRAÇÃO DIRETA COM SERVIÇOS TERCEIRIZADOS

Obtida essa base de dados, é feita a regressão linear múltipla descrita no item 5.2, em que a variável dependente é o custo per capita que cada município tem anualmente com coleta, e as variáveis independentes são a distância até o local de disposição e a geração per capita de RSD.

Num primeiro momento, foram selecionadas 87 observações referentes a municípios com esse modelo de prestação de serviço, entre 2009 e 2018 que forneceram dados completos, isso é, apresentaram dados das duas variáveis independentes e a dependente, conforme Anexo A, que gerou a tabela 14 abaixo, que mostra a força da correlação entre as variáveis.

Tabela 14 – Cálculo da força da regressão entre as variáveis.

Estatística de regressão	
R múltiplo	0.475137
R-Quadrado	0.225755
R-quadrado ajustado	0.207321
Desvio padrão	22.8222
Observações	87

Fonte: autor.

Observando os resultados encontrados, o valor de R^2 encontrado indica uma relação pouco forte a princípio entre as variáveis do modelo, uma vez que o valor ainda está muito longe de um valor considerado forte para uma relação, que seria cerca de 0,90 (PINTO; NAGHETTINI, 2007). Ainda assim, foi calculado o quadrado médio da regressão e dos resíduos para se calcular a variável estatística F, indicada em 6.3, gerando a tabela abaixo:

Tabela 15 – Tabela ANOVA para o modelo terceirizados de prestação de serviços.

	gl	SQ	MQ	F calc
Regressão	2	12757.16	6378.582	12.24642
Resíduo	84	43751.63	520.8528	
Total	86	56508.8		

Fonte: autor.

Em seguida, busca-se na tabela da distribuição F, o valor dessa distribuição considerando 2 graus de liberdade para a Regressão (numerador) e de 84 para os Resíduos (denominador), considerando ainda, o nível de significância de 5%. O valor de F tab encontrado foi de 3,1056.

Assim, considerando a relação $F_{calc} > F_{tab}$, ou ainda, $F > F(\alpha, P, n-P, 1)$, a hipótese nula pode ser rejeitada, e o modelo matemático pode ser aceito, considerando uma significância de 5%.

Posteriormente, deve-se verificar se os regressores possuem significância, e, conseqüentemente, poder usar os coeficientes β , com a significância de 5%. Isso é feito a partir das equações 11 e 12, gerando a tabela dos coeficientes β a seguir, em que a estatística teste t foi calculada a partir da equação 14

Tabela 16 – Valores dos coeficientes β para a regressão e da variável estatística para o teste de hipótese dos regressores.

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t
Interseção [β_0]	39.24304	3.9379	9.965475
Distância até local de disposição [km] [β_1]	0.116671	0.023789	4.904398
Geração de RSD per capita (t/hab.ano) [β_2]	-3.40998	5.90192	-0.57778

Fonte: autor.

Assim, procede-se calcular o valor da estatística t de Student considerando uma significância de 5% e 84 graus de liberdade dos regressores, chegando no valor de $t=1,989$. Obtido esse valor de t, e considerando o que a hipótese nula será rejeitada se $|t| > t(1-\sigma/2, n-P-1)$, é possível notar que apenas o coeficiente β_1 é relevante para o modelo, uma vez que o valor da estatística t para β é menor em módulo do que a estatística teste.

Busca-se, então uma tentativa de melhorar esse modelo de regressão linear para esse modelo de prestação de serviço, que se dá de duas formas: exclui-se a variável independente correspondente à Geração Per Capita de RSD e buscam-se outliers que possam ser excluídos. Nesse caso, foram excluídos dados cujos valores dos resíduos foram maiores do que 2, conforme a tabela dos valores dos resíduos que consta no anexo A.

Assim, os passos anteriores são repetidos considerando a base de dados da tabela com os dados referentes a esse modelo, sendo a segunda tabela de dados que consta no Anexo A.

Observando a tabela 17, que apresenta os cálculos referentes ao novo valor do R^2 , calculado pela equação 10 é perceptível que a correlação está mais forte em relação à base de dados anterior, uma vez que o valor de R^2 calculado foi maior após a exclusão dos outliers e da exclusão da variável independente correspondente à Geração per capita de RSD.

Tabela 17 – Novo valor de R^2 , mostrando que a correlação ficou mais forte excluindo os outliers e a variável independente X_2 .

Estatística de regressão	
R múltiplo	0.523762496
R-Quadrado	0.274327152
R-quadrado ajustado	0.265368228
Desvio padrão	19.67096679
Observações (n)	83

Fonte: autor.

Em seguida, calcula-se novamente o valor da estatística teste F através da equação 10 e do valor de F tabelado, considerando 1 grau de liberdade para a Regressão (numerador) e de 81 para os Resíduos (denominador), considerando ainda, o nível de significância de 5%. O valor de F tab encontrado foi de 3,959.

Assim, considerando a relação $F_{calc} > F_{tab}$, ou ainda, $F > F(\alpha, P, n-P, 1)$, a hipótese nula pode ser rejeitada, e o modelo matemático pode ser aceito, considerando uma significância de 5%, conforme a tabela 18 a seguir.

Tabela 18: tabela ANOVA para o novo modelo.

	gl	SQ	MQ	F
Regressão	1	11848.53	11848.53	30.62055
Resíduo	81	31342.7	386.9469	
Total	82	43191.23		

Fonte: autor.

Foi buscado novamente se os regressores possuem significância, e, conseqüentemente, a validade dos coeficientes β para o modelo, com a significância de 5%, também a partir das equações 11 e 12, gerando a nova tabela dos coeficientes β a seguir, a tabela 19, em que a estatística teste t foi calculada a partir da equação 14.

Tabela 19 – Valores dos coeficientes β para a regressão e da variável estatística para o teste de hipótese dos regressores.

	Coeficientes β	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	35.8964	3.158622487	11.36458	1.90434E-18
Distância até local de disposição [km]	0.11514	0.020807795	5.533584	3.75254E-07

Fonte: autor.

Novamente é calculado o valor da estatística t de Student considerando uma significância de 5% e 81 graus de liberdade dos regressores, chegando no valor de $t=1,989$. Obtido esse valor de t, e considerando o que a hipótese nula será rejeitada se $|t| > t(1-\sigma/2, n-P-1)$, é possível notar que o coeficiente β_1 continua sendo relevante para o modelo.

Assim, foi possível chegar no seguinte modelo de obtenção do valor do custo de coleta para o modelo de prestação terceirizado dos serviços de gerenciamento de RS.

$$Y = 35,8464 + 0,1151 * X_1$$

Em que Y é o valor do custo de coleta per capita anual [R\$/hab.ano] e X_1 é a distância até o local final de disposição em km.

Então, é comparada a diferença entre o valor observado e que consta no SNIS e no valor do custo de coleta que é obtido pela fórmula., cujos resultados se apresentam na tabela 20 a seguir.

Tabela 20 – Comparação entre os valores observados do custo de coleta e dos valores calculados com a equação obtida para o modelo tereceirizado

	Valor Observado	Valor Calculado	Diferença	Diferença
	(R\$/hab.ano)	(R\$/hab.ano)		(%)
Ipê	R\$ 81,52	R\$ 52,80	-R\$ 28,72	-35,23%
Ivoti	R\$ 64,57	R\$ 38,84	-R\$ 25,73	-39,85%
Horizontina	R\$ 93,40	R\$ 43,92	-R\$ 49,48	-52,98%
Lindolfo Collor	R\$ 64,80	R\$ 51,42	-R\$ 13,38	-20,65%
Tavares	R\$ 106,57	R\$ 58,92	-R\$ 47,65	-44,71%
Vanini	R\$ 101,67	R\$ 40,23	-R\$ 61,44	-60,43%

Fonte: autor.

Os resultados encontrados mostram que a equação deve ser usada com cautela, pois a diferença entre o valor observado e o valor calculado pode ser significativa, ainda que, por testes de hipótese o modelo possa ser aceito, a diferença pode chegar a 60,43%, sendo que os valores calculados encontrados foram sempre menores do que os observados, logo, deve-se ter cuidado para não haver subestimação dos valores

6.2 MODELO COM O SERVIÇO SENDO PRESTADO EXCLUSIVAMENTE PELA ADMINISTRAÇÃO DIRETA

Através da base de dados considerando municípios com esse modelo de prestação, também é feita a regressão linear múltipla descrita no item 6.2, em que a variável dependente novamente é o custo per capita que cada município tem anualmente com coleta, e as variáveis independentes mais uma vez são a distância até o local de disposição e a geração per capita de RSD.

Num primeiro momento, foram selecionadas 22 observações, que constam no Anexo A, referentes a municípios com o modelo de prestação do serviço de gerenciamento de RSD feito exclusivamente pela Administração Direta, entre 2009 e 2018 que forneceram dados completos, isso é das variáveis independentes e a dependente.

Observando os resultados encontrados, o valor de R^2 encontrado indica uma relação pouco forte a princípio entre as variáveis do modelo, conforme mostra a tabela 21, assim como na primeira amostra do modelo de prestação feito pela Administração Direta com terceirização.

Tabela 21: Cálculo da força da regressão entre as variáveis.

Estatística de regressão	
R múltiplo	0.307421
R-Quadrado	0.094508
R-quadrado ajustado	-0.00081
Erro padrão	29.21666
Observações	22

Fonte: autor.

Novamente, busca-se na tabela da distribuição F o valor dessa distribuição considerando 2 graus de liberdade para a Regressão (numerador) e de 19 para os Resíduos (denominador), considerando ainda, o nível de significância de 5%. O valor de F tab encontrado foi de 3,522.

Assim, considerando a relação $F_{calc} < F_{tab}$, ou ainda, $F < F(\alpha, P, n-P, 1)$, a hipótese nula não pode ser rejeitada, e o modelo matemático não pode ser aceito, considerando uma significância de 5%.

Tabela 22 – ANOVA do modelo de prestação feito pela Administração Direta.

	gl	SQ	MQ	F
Regressão	2	1692.769	846.3845	0.991532
Resíduo	19	16218.65	853.6131	
Total	21	17911.42		

Fonte: autor.

Novamente, foi verificado se os regressores possuem significância, e, conseqüentemente, a validade dos coeficientes β para o modelo, com a significância de 5%, também a partir das equações 11 e 12, também como no item 6.1. Assim, foi gerada a tabela dos coeficientes β a seguir, em que a estatística teste t foi calculada a partir da equação 14. Como no passo anterior o modelo não pode ser considerado por ter sido aceita a hipótese nula, espera-se que os regressores também não sejam significantes para o modelo.

É calculado, então o valor da estatística t de Student considerando uma significância de 5% e 19 graus de liberdade dos resíduos, chegando no valor de $t=2,093$. Obtido esse valor de t, e considerando o que a hipótese nula será rejeitada se $|t|>t(1-\sigma/2,n-P-1)$, é possível notar, através da tabela 23, que nenhum dos regressores é significativo para o modelo, e os coeficientes não devem ser considerados.

Tabela 23 – Valores dos coeficientes β para a regressão e da variável estatística para o teste de hipótese dos regressores.

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	83.31183	13.49102	6.175352	6.2E-06
Distância até local de disposição [km]	-0.17831	0.169866	-1.04973	0.30701
RSD per capita (t/hab.ano)	-18.2212	14.35123	-1.26966	0.219537

Fonte: autor.

Para tentar chegar em um modelo matemático que represente esse modelo de prestação de serviço, foram excluídos dois dados em que o valor dos resíduos foi maior do que 2, chegando-se no valor de R^2 da tabela 24 a seguir:

Tabela 24 – Cálculo da força da regressão entre as variáveis.

Estatística de regressão	
R múltiplo	0.222886
R-Quadrado	0.049678
R-quadrado ajustado	-0.06212
Erro padrão	21.06471
Observações	20

Fonte: autor.

Observando os resultados encontrados, o valor de R^2 encontrado indica uma relação pouco forte a princípio entre as variáveis do modelo, pelo contrário, a correlação ficou ainda mais fraca. Espera-se então que mais uma vez a hipótese nula referente ao modelo não possa ser rejeitada quando se calcula o valor da estatística F, conforme a tabela 25.

Tabela 25 – ANOVA do modelo de prestação feito pela Administração Direta sem outliers.

	gl	SQ	MQ	F
Regressão	2	394.3251	197.1625	0.444338
Resíduo	17	7543.276	443.7221	
Total	19	7937.601		

Fonte: autor.

É calculado, então o valor da estatística t de Student considerando uma significância de 5% e 17 graus de liberdade dos regressores, chegando no valor de $t=2,093$. Obtido esse valor de t, e considerando o que a hipótese nula será rejeitada se $|t|>t(1-\sigma/2, n-P-1)$, é possível notar que, mesmo com a remoção de outliers, nenhum dos regressores é significativo para o modelo, conforme a tabela 26, e os coeficientes não devem ser considerados.

Tabela 26 – Valores dos coeficientes β para a regressão e da variável estatística para o teste de hipótese dos regressores, sem outliers.

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	68.13481	10.31732	6.603925	4.47E-06
Distância até local de disposição [km]	-0.07371	0.124745	-0.59089	0.56237
RSD per capita (t/hab.ano)	-9.59342	10.53023	-0.91104	0.375014

Fonte: autor.

Portanto, considerando o SNIS como base de dados, não foi possível chegar a um modelo matemático que representasse o cálculo do valor do custo de coleta considerando o modelo de gerenciamento de RSD quando feito exclusivamente pela Administração Direta. Entende-se que o fato de o SNIS fornecer dados incompletos e discrepantes, além de ser um modelo de prestação menos utilizado pelos municípios estudados como fatores preponderantes para não se obter esse modelo.

6.3 MODELO DE GESTÃO ASSOCIADA ATRAVÉS DE CONSÓRCIO

Considerando agora a base de dados de municípios que fazem o gerenciamento do seu RSD através de consórcio interfederativo, também é feita a regressão linear múltipla descrita no item 6.2, em que as variáveis dependentes e independentes são as mesmas descritas em 7.1 e 7.2

Foram consideradas 80 observações, que constam no Anexo C, referentes a municípios com o modelo de prestação do serviço de gerenciamento de RSD feito por consórcio entre 2009 e 2018 que forneceram dados completos, isso é das variáveis independentes e a dependente.

Observando os resultados encontrados, o valor de R^2 encontrado indica uma relação mais forte entre as variáveis do modelo, se compararmos com os valores referentes aos modelos de prestação descritos nos itens 7.1 e 7.2, conforme pode ser visto na tabela 27.

Tabela 27 – Cálculo da força da regressão entre as variáveis.

Estatística de regressão	
R múltiplo	0.476093
R-Quadrado	0.226665
R-quadrado ajustado	0.206578
Erro padrão	19.83563
Observações	80

Fonte: autor.

Busca-se na tabela da distribuição F o valor dessa distribuição considerando 2 graus de liberdade para a Regressão (numerador) e de 77 para os Resíduos (denominador), considerando ainda, o nível de significância de 5%. O valor de F tab encontrado foi de 3,120.

Assim, considerando a relação $F_{calc} > F_{tab}$, ou ainda, $F > F(\alpha, P, n-P, 1)$, a hipótese nula pode ser rejeitada, conforme a tabela 25, e o modelo matemático pode ser aceito, considerando uma significância de 5%.

Tabela 28 – ANOVA do modelo de prestação feito por consórcio.

	gl	SQ	MQ	F calc
Regressão	2	8879.722	4439.861	11.28438
Resíduo	77	30295.81	393.4521	
Total	79	39175.53		

Fonte: autor.

É calculado, então o valor da estatística t de Student considerando uma significância de 5% e 77 graus de liberdade dos resíduos, chegando no valor de $t=1,991$. Obtido esse valor de t, e considerando o que a hipótese nula será rejeitada se $|t|>t(1-\sigma/2, n-P-1)$, é possível notar que, a distância é uma variável que não pode ser considerada no modelo, porém, a geração de RSD per capita é uma variável que pode ser considerada, conforme mostra a tabela 29.

Tabela 29 – Valores dos coeficientes β para a regressão e da variável estatística para o teste de hipótese dos regressores.

	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	12.76104	6.116217	2.086427	0.04025
Distância até local de disposição [km]	0.137052	0.076015	1.802955	0.075308
RSD per capita (t/hab.ano)	144.0319	33.35268	4.31845	4.63E-05

Fonte: autor.

Para tentar melhorar esse modelo de regressão linear para esse modelo de prestação através de Consórcio, e fazer com que a variável independente de Geração de RSD possa ser considerada no modelo, buscam-se outliers que possam ser excluídos. Assim como no item 7.1, foram excluídos dados cujos valores dos resíduos foram maiores do que 2, conforme a tabela no anexo C

Observando a tabela 30, referente ao valor do R^2 , calculado pela equação 10 é perceptível que a correlação está mais forte em relação à base de dados anterior.

Tabela 30 – Novo valor de R^2 , mostrando que a correlação ficou mais forte excluindo os outliers.

Estatística de regressão	
R múltiplo	0.662385
R-Quadrado	0.438754
R-quadrado ajustado	0.423585
Erro padrão	15.22639
Observações	77

Fonte: autor.

Calcula-se novamente o valor da estatística teste F através da equação 11 e do valor de F tabelado, considerando novamente 2 graus de liberdade para a Regressão (numerador) e de para os Resíduos (denominador). O valor de F tab encontrado foi de 3,120.

Assim, considerando a relação $F_{calc} > F_{tab}$, ou ainda, $F > F(\alpha, P, n-P, 1)$, a hipótese nula pode ser rejeitada, e o modelo matemático pode ser aceito, considerando uma significância de 5%, conforme a tabela 31 a seguir.

Tabela 31 – ANOVA do modelo de prestação feito por consórcio sem outliers.

	gl	SQ	MQ	F calc
Regressão	2	13411.98	6705.989	28.92469
Resíduo	74	17156.39	231.8431	
Total	76	30568.36		

Fonte: autor.

Calculando o valor da estatística t de Student considerando uma significância de 5% e 74 graus de liberdade dos resíduos, chegando no valor de $t=1,993$. Obtido esse valor de t, e considerando o que a hipótese nula será rejeitada se $|t| > t(1-\sigma/2, n-P-1)$, é possível notar na tabela 32 que agora os dois regressores são significativos para o modelo.

Tabela 32 – Valores dos coeficientes β para a regressão e da variável estatística para o teste de hipótese dos regressores.

	Coeficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P
Interseção	3.475812	4.911696	0.70766	0.481379
Distância até local de disposição [km]	0.198456	0.059211	3.351646	0.001268
RSD per capita (t/hab.ano)	183.377	26.78209	6.847	1.89E-09

Fonte: autor.

Assim, foi possível chegar no seguinte modelo de obtenção do valor do custo de coleta para o modelo de prestação terceirizado dos serviços de gerenciamento de RS.

$$Y = 3,4758 + 0,1985 * X_1 + 183,377 * X_2$$

onde Y é o valor do custo de coleta per capita anual [R\$/hab.ano], X_1 é a distância até o local final de disposição em km, e X_2 é a geração per capita anual de RSD, em (t/hab.ano).

Então, é comparada a diferença entre o valor observado e que consta no SNIS e no valor do custo de coleta que é obtido pela fórmula., cujos resultados se apresentam na tabela 33 a seguir.

Tabela 33 – Comparação entre os valores observados do custo de coleta e dos valores calculados com a equação obtida para o modelo de consórcio

Município	Valor Observado em 2018 (R\$/hab.ano)	Valor Calculado (R\$/hab.ano)	Diferença	Diferença (%)
Caiçara	R\$ 44,18	R\$ 45,09	R\$ 0,91	2,05%
Derrubadas	R\$ 78,31	R\$ 70,59	-R\$ 7,72	-9,86%
Iraí	R\$ 22,48	R\$ 48,32	R\$ 25,84	114,96%

Município	Valor Observado em 2018 (R\$/hab.ano)	Valor Calculado (R\$/hab.ano)	Diferença	Diferença (%)
Miraguaí	R\$ 39,57	R\$ 31,87	-R\$ 7,70	-19,47%
Tenente Portela	R\$ 50,31	R\$ 32,59	-R\$ 17,72	-35,22%
Rodeio Bonito	R\$ 24,70	R\$ 40,48	R\$ 15,77	63,86%

Fonte: autor.

Assim como para o modelo de prestação feita através de terceirização, a diferença entre o valor observado e o valor calculado pode ser significativa, ainda que, por testes de hipótese o modelo possa ser aceito, a diferença pode chegar a valores 114,96% maiores. A diferença entre os modelos é a de que a do Consórcio apresentou também valores maiores calculados do que observados, devendo-se também observar a superestimação desses valores.

7 CONCLUSÕES

A ideia do trabalho foi contribuir para que um dia se consiga chegar em um modelo que determine os custos de gerenciamento de resíduos sólidos, que, dada a natureza desse tipo de serviço, sempre foi difícil chegar em estimativas de valores de coleta, transporte e disposição final com precisão.

A primeira dificuldade encontrada para determinar os modelos encontrados nesse trabalho é a base de dados: durante o período de coleta deles, pode-se perceber discrepâncias muito grandes entre os dados fornecidos pelos municípios para a elaboração das tabelas de dados dos SNIS. Dessa forma, recomenda-se que os pequenos municípios forneçam a seus servidores uma melhor capacitação para o levantamento de dados que é fornecido para o SNIS.

Essa imprecisão dos dados fornecidos foi determinante para a dificuldade em se determinar os modelos de estimativas de custo de coleta que esse trabalho apresenta, pois, conforme foi demonstrado, apenas para a prestação dos serviços de gerenciamento por consórcio foi possível chegar em modelo linear que leva em conta as duas variáveis consideradas nesse estudo, isso é, a geração de resíduos per capita e a distância até o local de disposição devido a poucos municípios usarem esse modelo de prestação de serviço, havendo, conseqüentemente poucos dados, em que houve, ainda, muita discrepância no fornecimento pelos municípios, gerando dificuldade em se obter um modelo robusto.

Para municípios que fornecem o serviço através de empresas terceirizadas, a imprecisão dos dados fornecidos referentes à geração de resíduos domiciliares impossibilitou que essa variável fosse considerada no modelo, embora a quantidade de dados fosse tão grande quanto a de municípios que prestam por consórcio. Por fim, considerando os municípios que fornecem o serviço sob responsabilidade da Administração Municipal, não foi possível chegar em um modelo. Referente a esse modelo, a quantidade de dados levantada foi menor do que dos outros tipos de prestação desse serviço, o que também contribuiu para que não se conseguisse chegar em um modelo.

Por fim, como não foi possível chegar em um modelo matemático que levasse em consideração as duas variáveis para a prestação de serviços por empresas terceirizadas, não é possível fazer uma comparação com o modelo de prestação através de consórcio, que leva em consideração as duas variáveis do estudo.

8 TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, sugere-se a melhoria em três aspectos:

- No escopo da base de dados, estudos sobre os dados do SNIS em si, demonstrando que há imprecisão no fornecimento de dados pelos municípios e como isso pode ser melhorado;
- No escopo da metodologia, utilizar outros métodos de regressão mais precisos que os utilizados nesse trabalho, que foi feita manualmente. Sugere-se o uso de softwares como o Matlab e uso de redes neurais para estudar o comportamento das variáveis a serem usadas;
- No escopo da temática, determinar também os custos de transporte e de disposição final, nesse caso, devendo-se levantar esses dados pois o SNIS não os fornece, ao contrário dos de coleta;

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004: Resíduos Sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

BRANDÃO, A. D. O.; DA SILVA, G. N. Impactos econômicos da implantação de aterros sanitários individuais nos municípios brasileiros. **Holos**, [s. l.], v. 3, p. 84, 2011.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF; 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm>. Acesso em: 27 set. 2019.

BRASIL. Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília, DF. 5 de janeiro de 2007.

BRASIL. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. 2 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 27 fev. 2019.

BRASIL. **Lei nacional de saneamento básico: perspectivas para as políticas e a gestão dos serviços públicos**. 1. ed. Brasília, DF: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2009. v. 3

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2017**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional do Saneamento, 2019.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2019**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional do Saneamento, 2020. BUTTO, S. *et al.* IV-001 - Diretrizes para construção de tarifas para serviços de manejo de resíduos sólidos. [s. l.], p. 15,

FRANCO, D. Estudo da relação entre a geração de resíduos sólidos domiciliares e o consumo de água e energia elétrica: alternativas de tarifação da coleta de resíduos sólidos. [s. l.], v. 10, n. 4, p. 24, 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEROGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo 2010**. Tabela 1.15 - População residente, total, urbana total e urbana na sede municipal, em números absolutos e relativos, com indicação da área total e da densidade demográfica, segundo as Grandes Regiões e as Unidades da Federação. 2010a. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 13 set. 2019.

IBGE. **IPCA - Série histórica com número-índice, variação mensal e variações acumuladas em 3 meses, em 6 meses, no ano e em 12 meses (a partir de dezembro/1979)**. [S. l.: s. n.], 2018.

KNEIPP, J. M. Urban solid waste management: a study in the cities of Rio Grande do Sul state. [s. l.], p. 20, 2012.

LE MOS, L. H. A. de; CARVALHO, J. F.; GURGEL, P. R. H. A análise do comportamento como subsídio possível à gestão dos resíduos sólidos. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, [s. l.], v. 2, n. 7, p. 195, 2017.

MAESTRI, A. B. *et al.* Correlação Entre Percentual De Resíduos Recicláveis E Indicadores Socioeconômicos Em Municípios Do Rio Grande Do Sul. [s. l.], p. 11, 2018.

MUNHOZ, C. P. CONTRATOS DE PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – ESTUDOS DE CASO. **Revista de Direito Sanitário**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 57, 2015.

ONOFRE, F. L. **Estimativa da Geração de Resíduos Sólidos Domiciliares**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2011. 100 p.

PINTO - 2007 - HIDROLOGIA ESTATÍSTICA..PDF. [S. l.: s. n.], [s. d.].

PINTO, E. J. de A.; NAGHETTINI, M. **Hidrologia Estatística**. 1ªed. Belo Horizonte: CPRM, 2007. v. 1

RIO GRANDE DO SUL. **Resumo Executivo do Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS-RS)**. Porto Alegre: Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA). Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente (FEPAM), 2014. Resumo Executivo.

RODRIGUES, J. N. R. Sistema pay-as-you-throw: estudo de implementação de um instrumento econômico de incentivo. [s. l.], p. 121, 2013.

RODRIGUES, G. O. *et al.* Uso da modelagem computacional para comparativo entre adição de diferentes percentuais de biodiesel no transporte de resíduos sólidos urbanos. **Estudos do CEPE**, [s. l.], n. 49, p. 80–98, 2019.

RODRIGUES, W.; MAGALHÃES FILHO, L. N. L.; PEREIRA, R. dos S. Análise dos Determinantes dos custos de resíduos sólidos urbanos nas capitais estaduais brasileiras. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 130–141, 2015.

SANTOS, F. Implementação de Taxa de Resíduos Individual em Portugal - Caso de Óbidos. [s. l.], n. 43, p. 6, 2010.

SANTOS, G. O.; ZANELLA, M. E. Correlações entre indicadores sociais e o lixo gerado em Fortaleza, Ceará, Brasil. [s. l.], v. 2, p. 19, 2008.

SILVA, C. L. *et al.* O que é relevante para planejar e gerir resíduos sólidos? Uma proposta de definição de variáveis para a formulação e avaliação de políticas públicas. **REVISTA BIBLIOGRÁFICA DE GEOGRAFÍA Y CIENCIAS SOCIALES**, [s. l.], v. 20, n. 1114, p. 25, 2015.

SILVA, C. L. da; FUGII, G. M.; SANTOYO, A. H. Proposta de um modelo de avaliação das ações do poder público municipal perante as políticas de gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil: um estudo aplicado ao município de Curitiba. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 276–292, 2017.

SILVA, A. H. M.; SILVA, A. R.; ALVARENGA, E. Evaluation of the counties' urban solid waste management using multicriteria analysis: north region of Rio de Janeiro. [s. l.], v. 4, n. 2, p. 20, 2018.

SOUZA, C. O. M. de. Política Nacional dos Resíduos Sólidos: uma busca pela redução dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). **InterfaceHS: Revista de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, [s. l.], v. 7, n. 3, p. 15, 2012.

TUCCI, C. E. M. **Inundações Urbanas**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

VILELA, D. M.; PIESANTI, J. L. Gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos da UFGD por meio da compostagem. [s. l.], p. 12, 2015.

**ANEXO A – QUADRO DOS DADOS REFERENTES AO MODELO DE
PRESTAÇÃO FEITO PELA ADMINISTRAÇÃO DIRETA COM SERVIÇOS
TERCEIRIZADOS**

Administração Direta com Serviços Terceirizados						
Ordem	Distância até local de disposição [km]	Geração de RSD per capita (t/hab.ano)	Custo Coleta per capita (R\$/hab.ano)	Ordem Valor	Ano	
1	15	0.2408	R\$ 15.71	R\$ 147.29	2009	
2	200	0.2144	R\$ 26.65	R\$ 144.06	2009	
3	126	0.0879	R\$ 49.71	R\$ 140.42	2009	
4	11	0.2572	R\$ 32.98	R\$ 140.06	2009	
5	200	0.3007	R\$ 28.35	R\$ 112.18	2009	
6	160	0.1686	R\$ 28.78	R\$ 106.49	2009	
7	15	0.2998	R\$ 20.28	R\$ 106.05	2010	
8	200	0.0689	R\$ 26.84	R\$ 105.76	2010	
9	10	0.3669	R\$ 19.71	R\$ 104.77	2010	
10	15	0.1844	R\$ 99.72	R\$ 104.65	2010	
11	84	0.1474	R\$ 51.31	R\$ 97.10	2010	
12	230	0.1256	R\$ 57.63	R\$ 92.41	2010	
13	180	0.1686	R\$ 28.97	R\$ 88.52	2010	
14	195	0.2448	R\$ 97.10	R\$ 86.23	2011	
15	50	3.9479	R\$ 20.54	R\$ 85.78	2011	
16	203	0.1899	R\$ 58.32	R\$ 83.61	2011	
17	150	0.0953	R\$ 47.81	R\$ 80.66	2011	
18	10	0.1254	R\$ 23.57	R\$ 78.31	2011	
19	51	0.2284	R\$ 70.23	R\$ 78.01	2011	
20	15	0.2506	R\$ 38.47	R\$ 76.97	2011	
21	200	0.6991	R\$ 17.90	R\$ 75.75	2011	
22	84	0.1666	R\$ 30.73	R\$ 69.59	2011	
23	170	0.2000	R\$ 26.86	R\$ 69.53	2011	
24	60	0.1554	R\$ 59.03	R\$ 69.47	2012	
25	51	0.2007	R\$ 78.31	R\$ 68.03	2012	
26	15	0.3773	R\$ 48.46	R\$ 67.21	2012	
27	98	0.2317	R\$ 22.84	R\$ 66.82	2012	
28	25	0.0936	R\$ 29.78	R\$ 64.17	2012	
29	15	0.2006	R\$ 22.35	R\$ 63.88	2012	
30	35	0.2097	R\$ 53.79	R\$ 62.84	2012	
31	100	0.3700	R\$ 64.35	R\$ 60.86	2013	
32	100	0.1976	R\$ 55.77	R\$ 59.82	2013	

33	10	0.1207	R\$	19.78	R\$	59.13	2013
34	15	0.3773	R\$	46.18	R\$	58.32	2013
35	290	0.1496	R\$	28.67	R\$	57.63	2013
36	260	0.1229	R\$	60.86	R\$	55.77	2013
37	25	0.0670	R\$	41.29	R\$	54.58	2013
38	35	0.2090	R\$	52.47	R\$	53.79	2013
40	200	0.2217	R\$	59.82	R\$	52.92	2014
41	26	0.2269	R\$	54.58	R\$	52.84	2014
42	110	0.1814	R\$	48.22	R\$	52.47	2014
43	10	0.1205	R\$	22.40	R\$	51.58	2014
44	260	0.1929	R\$	69.53	R\$	51.31	2014
45	15	0.1223	R\$	22.86	R\$	50.28	2014
46	200	0.1472	R\$	34.65	R\$	50.12	2015
47	430	0.2300	R\$	106.05	R\$	49.93	2015
49	65	0.0707	R\$	83.61	R\$	49.71	2015
50	308	0.2130	R\$	104.65	R\$	48.46	2015
51	26	0.2273	R\$	52.84	R\$	48.22	2015
52	10	0.1198	R\$	16.63	R\$	47.81	2015
53	15	0.3329	R\$	53.46	R\$	46.18	2015
54	32	0.3226	R\$	38.16	R\$	42.66	2015
55	310	0.2801	R\$	78.01	R\$	42.52	2015
56	260	0.1573	R\$	52.92	R\$	41.29	2015
57	16	0.1198	R\$	59.13	R\$	38.47	2015
58	90	0.1006	R\$	21.66	R\$	38.16	2015
59	150	0.1386	R\$	69.59	R\$	37.89	2015
60	15	0.2024	R\$	20.69	R\$	34.65	2015
61	35	0.2205	R\$	49.93	R\$	34.39	2015
62	164	0.2400	R\$	42.66	R\$	32.98	2016
63	324	0.2511	R\$	80.66	R\$	32.72	2016
64	26	0.2215	R\$	49.76	R\$	30.73	2016
65	55	0.2008	R\$	34.39	R\$	29.78	2016
66	15	0.3329	R\$	67.21	R\$	29.58	2016
67	100	0.2374	R\$	63.88	R\$	28.97	2016
68	260	0.1382	R\$	76.97	R\$	28.78	2016
70	15	0.1929	R\$	26.87	R\$	28.35	2016
71	35	0.2217	R\$	50.12	R\$	26.87	2016
72	178	0.1781	R\$	37.89	R\$	26.86	2016
73	335	0.2182	R\$	106.49	R\$	26.65	2017
74	26	0.2203	R\$	64.17	R\$	26.13	2017
75	55	0.2015	R\$	28.40	R\$	23.57	2017
76	15	0.3036	R\$	68.03	R\$	22.86	2017
77	100	0.2135	R\$	51.58	R\$	22.84	2017
78	260	0.1678	R\$	75.75	R\$	22.40	2017
79	15	0.1929	R\$	26.13	R\$	22.35	2017
80	35	0.1958	R\$	48.06	R\$	21.66	2017

81	220	0.4330	R\$	85.78	R\$	20.69	2018
82	324	0.9155	R\$	99.30	R\$	20.54	2018
83	55	0.1956	R\$	50.28	R\$	20.28	2018
84	15	0.2166	R\$	62.84	R\$	19.71	2018
85	100	0.1606	R\$	42.52	R\$	17.90	2018
86	15	0.1962	R\$	29.58	R\$	15.71	2018
87	178	0.1750	R\$	47.15	R\$	0.04	2018

Observação	Previsto(a) Custo Coleta per capita (R\$/hab.ano)	Resíduos	Resíduos padrão
1	40.17197	-24.4588	-1.08439
2	61.84627	-35.1949	-1.56039
3	53.64378	-3.93417	-0.17442
4	39.64941	-6.67018	-0.29573
5	61.55187	-33.2021	-1.47203
6	57.33555	-28.5575	-1.26611
7	39.97088	-19.6898	-0.87296
8	62.34246	-35.5062	-1.57419
9	39.15855	-19.445	-0.86211
10	40.36446	59.35516	2.631544
11	48.54064	2.772741	0.122931
12	65.64916	-8.02405	-0.35575
13	59.66897	-30.6945	-1.36086
14	61.15904	35.93617	1.59325
15	31.61417	-11.0727	-0.49091
16	62.27982	-3.9592	-0.17553
17	56.41883	-8.6041	-0.38147
18	39.98212	-16.4118	-0.72763
19	44.41429	25.81733	1.144626
20	40.13872	-1.66649	-0.07388
21	60.1934	-42.2939	-1.87512

22	48.47519	-17.7457	-0.78677
23	58.39514	-31.5342	-1.39809
24	45.7133	13.3165	0.590394
25	44.50893	33.79812	1.498458
26	39.70654	8.754791	0.388148
27	49.88655	-27.0478	-1.19918
28	41.84054	-12.0559	-0.5345
29	40.30906	-17.9569	-0.79613
30	42.61138	11.17724	0.495549
31	49.64837	14.70385	0.651903
32	50.23651	5.535986	0.245441
33	39.9983	-20.2184	-0.89639
34	39.70654	6.470321	0.286865
35	72.5677	-43.8989	-1.94628
36	69.15843	-8.29527	-0.36778
37	41.93142	-0.64373	-0.02854
38	42.61394	9.860205	0.437158
39	64.77473	62.96567	2.791618
40	61.82113	-2.00523	-0.0889
41	41.50286	13.0725	0.579576
42	51.45832	-3.23472	-0.14341
43	39.99888	-17.5965	-0.78015
44	68.9199	0.60629	0.02688
45	40.57599	-17.7116	-0.78525
46	62.07519	-27.4282	-1.21604
47	88.62722	17.42173	0.772402
48	46.08491	46.32475	2.053833

49	46.58551	37.02727	1.641625
50	74.4514	30.19567	1.338742
51	41.50156	11.34205	0.502856
52	40.00112	-23.3723	-1.03623
53	39.85799	13.59921	0.602928
54	41.87653	-3.71841	-0.16486
55	74.4561	3.551696	0.157466
56	69.04114	-16.1239	-0.71486
57	40.7014	18.42579	0.816918
58	49.40039	-27.7388	-1.22981
59	56.27103	13.31559	0.590354
60	40.30293	-19.6106	-0.86945
61	42.57459	7.354882	0.326083
62	57.55875	-14.899	-0.66056
63	76.18829	4.474061	0.19836
64	41.52131	8.236907	0.365188
65	44.97509	-10.5806	-0.4691
66	39.85799	27.35133	1.212636
67	50.10061	13.77703	0.610812
68	69.10637	7.858993	0.348433
69	56.07407	48.69243	2.158806
70	40.33543	-13.4684	-0.59713
71	42.57062	7.547019	0.334601
72	59.40319	-21.51	-0.95366
73	77.58388	28.90921	1.281706
74	41.52528	22.64826	1.004123
75	44.97291	-16.5696	-0.73462

76	39.95792	28.0735	1.244654
77	50.182	1.399953	0.062068
78	69.0055	6.741006	0.298866
79	40.33543	-14.2007	-0.6296
80	42.65902	5.400558	0.239437
81	63.43417	22.34095	0.990498
82	73.92276	25.37342	1.124945
83	44.99296	5.289079	0.234494
84	40.25459	22.58651	1.001385
85	50.36266	-7.84463	-0.3478
86	40.32393	-10.7467	-0.47646
87	59.41372	-12.2598	-0.54354

Ordem	Distância até local de disposição [km]	Custo Coleta per capita (R\$/hab.ano)	Ordem Valor COL	Ano
1	15	R\$ 15.71	R\$ 147.29	2009
2	200	R\$ 26.65	R\$ 144.06	2009
3	126	R\$ 49.71	R\$ 140.42	2009
4	11	R\$ 32.98	R\$ 140.06	2009
5	200	R\$ 28.35	R\$ 112.18	2009
6	160	R\$ 28.78	R\$ 106.49	2009
7	15	R\$ 20.28	R\$ 106.05	2010
8	200	R\$ 26.84	R\$ 105.76	2010
9	10	R\$ 19.71	R\$ 104.77	2010
10	84	R\$ 51.31	R\$ 97.10	2010
11	230	R\$ 57.63	R\$ 92.41	2010
12	180	R\$ 28.97	R\$ 88.52	2010
13	195	R\$ 97.10	R\$ 86.23	2011
14	50	R\$ 20.54	R\$ 85.78	2011
15	203	R\$ 58.32	R\$ 83.61	2011
16	150	R\$ 47.81	R\$ 80.66	2011
17	10	R\$ 23.57	R\$ 78.31	2011
18	51	R\$ 70.23	R\$ 78.01	2011
19	15	R\$ 38.47	R\$ 76.97	2011
20	200	R\$ 17.90	R\$ 75.75	2011
21	84	R\$ 30.73	R\$ 69.59	2011
22	170	R\$ 26.86	R\$ 69.53	2011
23	60	R\$ 59.03	R\$ 69.47	2012
24	51	R\$ 78.31	R\$ 68.03	2012
25	15	R\$ 48.46	R\$ 67.21	2012

26	98	R\$	22.84	R\$	66.82	2012
27	25	R\$	29.78	R\$	64.17	2012
28	15	R\$	22.35	R\$	63.88	2012
29	35	R\$	53.79	R\$	62.84	2012
30	100	R\$	64.35	R\$	60.86	2013
31	100	R\$	55.77	R\$	59.82	2013
32	10	R\$	19.78	R\$	59.13	2013
33	15	R\$	46.18	R\$	58.32	2013
34	290	R\$	28.67	R\$	57.63	2013
35	260	R\$	60.86	R\$	55.77	2013
36	25	R\$	41.29	R\$	54.58	2013
37	35	R\$	52.47	R\$	53.79	2013
38	200	R\$	59.82	R\$	52.92	2014
39	26	R\$	54.58	R\$	52.84	2014
40	110	R\$	48.22	R\$	52.47	2014
41	10	R\$	22.40	R\$	51.58	2014
42	260	R\$	69.53	R\$	51.31	2014
43	15	R\$	22.86	R\$	50.28	2014
44	200	R\$	34.65	R\$	50.12	2015
45	430	R\$	106.05	R\$	49.93	2015
46	65	R\$	83.61	R\$	49.71	2015
47	308	R\$	104.65	R\$	48.46	2015
48	26	R\$	52.84	R\$	48.22	2015
49	10	R\$	16.63	R\$	47.81	2015
50	15	R\$	53.46	R\$	46.18	2015
51	32	R\$	38.16	R\$	42.66	2015
52	310	R\$	78.01	R\$	42.52	2015
53	260	R\$	52.92	R\$	41.29	2015
54	16	R\$	59.13	R\$	38.47	2015
55	90	R\$	21.66	R\$	38.16	2015
56	150	R\$	69.59	R\$	37.89	2015
57	15	R\$	20.69	R\$	34.65	2015
58	35	R\$	49.93	R\$	34.39	2015
59	164	R\$	42.66	R\$	32.98	2016
60	324	R\$	80.66	R\$	32.72	2016
61	26	R\$	49.76	R\$	30.73	2016
62	55	R\$	34.39	R\$	29.78	2016
63	15	R\$	67.21	R\$	29.58	2016
64	100	R\$	63.88	R\$	28.97	2016
65	260	R\$	76.97	R\$	28.78	2016
66	15	R\$	26.87	R\$	28.35	2016
67	35	R\$	50.12	R\$	26.87	2016
68	178	R\$	37.89	R\$	26.86	2016
69	335	R\$	106.49	R\$	26.65	2017
70	26	R\$	64.17	R\$	26.13	2017
71	55	R\$	28.40	R\$	23.57	2017
72	15	R\$	68.03	R\$	22.86	2017
73	100	R\$	51.58	R\$	22.84	2017
74	260	R\$	75.75	R\$	22.40	2017
75	15	R\$	26.13	R\$	22.35	2017
76	35	R\$	48.06	R\$	21.66	2017
77	220	R\$	85.78	R\$	20.69	2018
78	324	R\$	99.30	R\$	20.54	2018

79	55	R\$	50.28	R\$	20.28	2018
80	15	R\$	62.84	R\$	19.71	2018
81	100	R\$	42.52	R\$	17.90	2018
82	15	R\$	29.58	R\$	15.71	2018
83	178	R\$	47.15	R\$	0.04	2018

**ANEXO B – QUADRO DOS DADOS REFERENTES AO MODELO DE
PRESTAÇÃO FEITO PELA ADMINISTRAÇÃO DIRETA**

Administração Direta					
Ordem	Distância até local de disposição [km]	RSD per capita (t/hab.ano)	Custo Coleta per capita (R\$/hab.ano)	Ordem Valor COL (R\$/hab.ano)	Ano
1	200	0.1368	R\$ 47.14	R\$ 259.81	2009
2	15	0.1070	R\$ 53.74	R\$ 138.45	2011
3	60	0.1715	R\$ 87.30	R\$ 129.54	2012
4	30	0.2131	R\$ 62.24	R\$ 91.68	2013
5	75	0.1630	R\$ 101.37	R\$ 87.30	2013
6	17	1.7534	R\$ 65.75	R\$ 80.35	2013
7	30	0.1573	R\$ 91.68	R\$ 79.88	2014
8	70	0.1173	R\$ 56.80	R\$ 66.67	2014
9	17	0.9315	R\$ 61.65	R\$ 65.75	2014
10	27	0.2251	R\$ 80.35	R\$ 63.21	2015
12	75	0.1174	R\$ 50.29	R\$ 61.65	2015
13	35	0.3581	R\$ 38.57	R\$ 56.80	2015
14	17	1.6438	R\$ 54.05	R\$ 55.41	2015
16	74	0.3636	R\$ 37.74	R\$ 53.74	2016
17	35	0.5326	R\$ 53.72	R\$ 50.29	2016
18	25	0.6939	R\$ 14.57	R\$ 47.14	2016
19	17	1.0959	R\$ 55.41	R\$ 46.10	2016
20	74	0.3111	R\$ 63.21	R\$ 38.57	2017
21	35	0.1598	R\$ 46.10	R\$ 14.57	2018
22	25	0.2215	R\$ 79.88	R\$ 6.95	2018

Observação	Previsto(a) Custo Coleta per capita (R\$/hab.ano)	Resíduos	Resíduos padrão
1	45.15639	1.985397	0.071441
2	78.68659	-24.9489	-0.89775
3	69.48788	17.81066	0.640888
4	74.08032	-11.8408	-0.42607
5	66.96754	34.40505	1.238011
6	48.33105	17.41524	0.62666
7	75.09541	16.58493	0.596782
8	68.69288	-11.8972	-0.4281
9	63.30735	-1.65559	-0.05957
10	74.39503	5.959099	0.214429
11	72.93203	65.51971	2.357622
12	67.79971	-17.5115	-0.63012
13	70.54509	-31.9784	-1.15069
14	50.32789	3.724955	0.134037
15	72.94434	56.59461	2.036467
16	63.49073	-25.7553	-0.92676

17	67.36576	-13.6415	-0.49087
18	66.21073	-51.6366	-1.85806
19	60.31209	-4.9052	-0.17651
20	64.4478	-1.23313	-0.04437
21	74.15956	-28.0555	-1.00953
22	74.81729	5.059875	0.182072

**ANEXO C – QUADRO DOS DADOS REFERENTES AO MODELO DE
PRESTAÇÃO FEITO POR CONSÓRCIO ENTRE MUNICÍPIOS**

Consórcio Gestão de Resíduos					
Ordem	Distância até local de disposição [km]	RSD per capita (t/hab.ano)	Custo Coleta per capita (R\$/hab.ano)	Ordem Valor COL (R\$/hab.ano)	Ano
1	40	0.0703	R\$ 15.71	R\$ 101.88	2009
2	22	0.0780	R\$ 26.65	R\$ 101.69	2009
3	15	0.1008	R\$ 40.24	R\$ 91.62	2009
4	133	0.1755	R\$ 84.72	R\$ 84.72	2009
5	33	0.0803	R\$ 20.26	R\$ 75.61	2010
6	35	0.1494	R\$ 43.24	R\$ 72.90	2010
7	38	0.0200	R\$ 20.68	R\$ 68.67	2010
8	16	0.1048	R\$ 101.69	R\$ 68.25	2010
9	33	0.0766	R\$ 28.74	R\$ 66.91	2011
10	22	0.0640	R\$ 25.08	R\$ 66.81	2011
11	22	0.1721	R\$ 17.17	R\$ 60.15	2011
12	45	0.1137	R\$ 13.41	R\$ 56.85	2011
13	35	0.1506	R\$ 47.47	R\$ 56.75	2011
14	50	0.0479	R\$ 19.10	R\$ 55.75	2011
15	6	0.1971	R\$ 21.94	R\$ 54.70	2011
16	44	0.1315	R\$ 101.88	R\$ 54.66	2011
17	146	0.1098	R\$ 24.34	R\$ 54.64	2011
18	33	0.0848	R\$ 28.56	R\$ 54.52	2012
19	22	0.0669	R\$ 21.73	R\$ 51.98	2012
20	22	0.0589	R\$ 10.45	R\$ 50.31	2012
21	45	0.1152	R\$ 13.36	R\$ 49.68	2012
22	35	0.1449	R\$ 72.90	R\$ 49.16	2012
23	106	0.1171	R\$ 42.43	R\$ 47.47	2012
24	33	0.0820	R\$ 28.30	R\$ 47.26	2013
25	25	0.0585	R\$ 15.39	R\$ 45.74	2013
26	80	0.2381	R\$ 35.93	R\$ 44.66	2013
27	45	0.1119	R\$ 12.28	R\$ 44.18	2013
28	35	0.1193	R\$ 55.75	R\$ 43.24	2013
29	15	0.0956	R\$ 19.33	R\$ 42.43	2013
30	50	0.1798	R\$ 40.37	R\$ 42.20	2013
31	33	0.0820	R\$ 31.53	R\$ 40.85	2014
32	22	0.0504	R\$ 13.25	R\$ 40.73	2014
33	70	0.0378	R\$ 20.23	R\$ 40.37	2014
34	47	0.1217	R\$ 66.91	R\$ 40.24	2014
35	35	0.0980	R\$ 34.14	R\$ 39.57	2014
36	80	0.3132	R\$ 13.50	R\$ 37.75	2014
37	70	0.0331	R\$ 20.76	R\$ 37.70	2014
38	106	0.0945	R\$ 8.66	R\$ 37.51	2014
39	52	0.1029	R\$ 20.54	R\$ 36.92	2014
40	45	0.1484	R\$ 54.64	R\$ 36.78	2014
41	50	0.1844	R\$ 37.75	R\$ 36.37	2014
42	19	0.0506	R\$ 13.40	R\$ 35.93	2015
43	47	0.0520	R\$ 17.28	R\$ 34.95	2015

44	35	0.1996	R\$ 54.66	R\$ 34.14	2015
45	80	0.1760	R\$ 40.73	R\$ 31.53	2015
46	106	0.1937	R\$ 66.81	R\$ 31.41	2015
47	38	0.2606	R\$ 19.26	R\$ 28.74	2015
48	15	0.2935	R\$ 49.16	R\$ 28.56	2015
49	52	0.0923	R\$ 24.09	R\$ 28.30	2015
50	12	0.2483	R\$ 20.54	R\$ 27.86	2015
51	50	0.1841	R\$ 36.37	R\$ 26.65	2015
52	22	0.1852	R\$ 40.85	R\$ 25.44	2016
53	22	0.1655	R\$ 34.95	R\$ 25.08	2016
54	35	0.1196	R\$ 36.78	R\$ 24.48	2016
55	75	0.1131	R\$ 24.48	R\$ 24.34	2016
56	106	0.2033	R\$ 79.36	R\$ 24.15	2016
57	26	0.1000	R\$ 27.86	R\$ 24.09	2016
58	15	0.2800	R\$ 60.15	R\$ 21.94	2016
59	53	0.1245	R\$ 24.15	R\$ 21.73	2016
60	45	0.1420	R\$ 68.67	R\$ 20.76	2016
61	12	0.2231	R\$ 47.26	R\$ 20.68	2016
62	50	0.2286	R\$ 56.85	R\$ 20.54	2016
63	22	0.1977	R\$ 42.20	R\$ 20.54	2017
64	22	0.1898	R\$ 54.70	R\$ 20.26	2017
65	18	0.1469	R\$ 44.66	R\$ 20.23	2017
66	35	0.1179	R\$ 37.51	R\$ 19.33	2017
67	106	0.2268	R\$ 91.62	R\$ 19.26	2017
68	26	0.1333	R\$ 25.44	R\$ 19.10	2017
69	15	0.2914	R\$ 75.61	R\$ 17.28	2017
70	53	0.1273	R\$ 49.68	R\$ 17.17	2017
71	50	0.2331	R\$ 56.75	R\$ 15.71	2017
72	22	0.1984	R\$ 44.18	R\$ 15.39	2018
73	22	0.2065	R\$ 45.74	R\$ 13.50	2018
74	35	0.1134	R\$ 36.92	R\$ 13.41	2018
75	75	0.1047	R\$ 39.57	R\$ 13.40	2018
76	106	0.2174	R\$ 94.79	R\$ 13.36	2018
77	30	0.1557	R\$ 54.52	R\$ 13.25	2018
78	15	0.1996	R\$ 51.98	R\$ 12.28	2018
79	53	0.1098	R\$ 50.31	R\$ 10.45	2018
80	45	0.1573	R\$ 31.41	R\$ 8.66	2018

Observação	Previsto(a) Custo Coleta per capita (R\$/hab.ano)	Resíduos	Resíduos padrão
1	28.36481	-12.6516	-0.64605
2	27.01769	-0.36634	-0.01871
3	29.33275	10.90443	0.556834
4	56.2669	28.45237	1.452917
5	28.84658	-8.59015	-0.43866
6	39.07061	4.172402	0.213063
7	20.85376	-0.17565	-0.00897
8	30.04891	71.64105	3.658341
9	28.32024	0.419895	0.021442
10	24.99503	0.088724	0.004531

11	40.56652	-23.3982	-1.19483
12	35.29849	-21.8887	-1.11774
13	39.24563	8.219405	0.419723
14	26.51343	-7.41638	-0.37872
15	41.97507	-20.0395	-1.02331
16	37.73042	64.15451	3.276042
17	48.58339	-24.2414	-1.23788
18	29.49986	-0.93543	-0.04777
19	25.40714	-3.67779	-0.18781
20	24.26022	-13.8139	-0.7054
21	35.51518	-22.1508	-1.13113
22	38.42918	34.46607	1.760006
23	44.15414	-1.72821	-0.08825
24	29.09588	-0.79234	-0.04046
25	24.61717	-9.22979	-0.47132
26	58.01848	-22.0914	-1.1281
27	35.04605	-22.7685	-1.16267
28	34.74313	21.00514	1.072625
29	28.59296	-9.26372	-0.47305
30	45.51346	-5.1465	-0.26281
31	29.08808	2.440811	0.12464
32	23.04101	-9.78901	-0.49987
33	27.80181	-7.57562	-0.38685
34	36.72635	30.18091	1.541184
35	31.67297	2.467012	0.125978
36	68.83302	-55.3308	-2.82546
37	27.12201	-6.35965	-0.32475
38	40.9057	-32.2506	-1.64687
39	34.70592	-14.1679	-0.72348
40	40.30953	14.32842	0.731679
41	46.17982	-8.42708	-0.43033
42	22.65974	-9.26065	-0.47289
43	26.69213	-9.40978	-0.48051
44	46.30638	8.352357	0.426512
45	49.07333	-8.34537	-0.42616
46	55.18547	11.62645	0.593703
47	55.50893	-36.2511	-1.85116
48	57.08833	-7.92647	-0.40476
49	33.18392	-9.09136	-0.46425
50	50.17516	-29.633	-1.51321
51	46.12695	-9.76158	-0.49847
52	42.45542	-1.60125	-0.08177
53	39.61461	-4.66248	-0.23809
54	34.7783	2.003709	0.102319
55	39.33609	-14.8515	-0.75839

56	56.56631	22.79074	1.163807
57	30.72757	-2.86771	-0.14644
58	55.14574	5.003016	0.255478
59	37.95199	-13.8042	-0.70491
60	39.38751	29.28166	1.495264
61	46.53585	0.725333	0.037039
62	52.54337	4.307243	0.219949
63	44.24648	-2.04477	-0.10442
64	43.11913	11.57718	0.591187
65	36.39184	8.265306	0.422067
66	34.53633	2.97088	0.151708
67	59.96066	31.65496	1.616456
68	35.52863	-10.0877	-0.51513
69	56.7837	18.82707	0.961402
70	38.36469	11.3151	0.577804
71	53.19248	3.559304	0.181755
72	44.3521	-0.16957	-0.00866
73	45.51179	0.232637	0.01188
74	33.89682	3.024775	0.15446
75	38.12434	1.447532	0.073918
76	58.6017	36.18942	1.848008
77	39.29932	15.22199	0.777309
78	43.5691	8.409119	0.429411
79	35.83287	14.47925	0.739381
80	41.58046	-10.1707	-0.51937

ANEXO D – IPCA, VARIAÇÃO ACUMULADA DURANTE OS ANOS

Variável - IPCA - Variação acumulada no ano (%)					
Mês/Ano					
janeiro 2009	fevereiro 2009	março 2009	abril 2009	maio 2009	junho 2009
0.48	1.03	1.23	1.72	2.2	2.57
julho 2009	agosto 2009	setembro 2009	outubro 2009	novembro 2009	dezembro 2009
2.81	2.97	3.21	3.5	3.93	4.31
janeiro 2010	fevereiro 2010	março 2010	abril 2010	maio 2010	junho 2010
0.75	1.54	2.06	2.65	3.09	3.09
julho 2010	agosto 2010	setembro 2010	outubro 2010	novembro 2010	dezembro 2010
3.1	3.14	3.6	4.38	5.25	5.91
janeiro 2011	fevereiro 2011	março 2011	abril 2011	maio 2011	junho 2011
0.83	1.64	2.44	3.23	3.71	3.87
julho 2011	agosto 2011	setembro 2011	outubro 2011	novembro 2011	dezembro 2011
4.04	4.42	4.97	5.43	5.97	6.5
janeiro 2012	fevereiro 2012	março 2012	abril 2012	maio 2012	junho 2012
0.56	1.01	1.22	1.87	2.24	2.32
julho 2012	agosto 2012	setembro 2012	outubro 2012	novembro 2012	dezembro 2012
2.76	3.18	3.77	4.38	5.01	5.84
janeiro 2013	fevereiro 2013	março 2013	abril 2013	maio 2013	junho 2013
0.86	1.47	1.94	2.5	2.88	3.15
julho 2013	agosto 2013	setembro 2013	outubro 2013	novembro 2013	dezembro 2013
3.18	3.43	3.79	4.38	4.95	5.91
janeiro 2014	fevereiro 2014	março 2014	abril 2014	maio 2014	junho 2014
0.55	1.24	2.18	2.86	3.33	3.75
julho 2014	agosto 2014	setembro 2014	outubro 2014	novembro 2014	dezembro 2014
3.76	4.02	4.61	5.05	5.58	6.41
janeiro 2015	fevereiro 2015	março 2015	abril 2015	maio 2015	junho 2015
1.24	2.48	3.83	4.56	5.34	6.17
julho 2015	agosto 2015	setembro 2015	outubro 2015	novembro 2015	dezembro 2015
6.83	7.06	7.64	8.52	9.62	10.67
janeiro 2016	fevereiro 2016	março 2016	abril 2016	maio 2016	junho 2016
1.27	2.18	2.62	3.25	4.05	4.42
julho 2016	agosto 2016	setembro 2016	outubro 2016	novembro 2016	dezembro 2016
4.96	5.42	5.51	5.78	5.97	6.29
janeiro 2017	fevereiro 2017	março 2017	abril 2017	maio 2017	junho 2017
0.38	0.71	0.96	1.1	1.42	1.18
julho 2017	agosto 2017	setembro 2017	outubro 2017	novembro 2017	dezembro 2017
1.43	1.62	1.78	2.21	2.5	2.95
janeiro 2018	fevereiro 2018	março 2018	abril 2018	maio 2018	junho 2018
0.29	0.61	0.7	0.92	1.33	2.6
julho 2018	agosto 2018	setembro 2018	outubro 2018	novembro 2018	dezembro 2018

2.94	2.85	3.34	3.81	3.59	3.75
Fonte: (IBGE, 2018)					