

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos
Hídricos

Viviane Jin Hee Kim

EFICIÊNCIA DAS GESTÕES DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DOS
MUNICÍPIOS MINEIROS EM 2021: um estudo apoiado na ferramenta análise
envoltória de dados

Belo Horizonte
2024

Viviane Jin Hee Kim

Eficiência das gestões de resíduos sólidos urbanos dos municípios mineiros em 2021: um estudo apoiado na ferramenta análise envoltória de dados

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Saneamento

Linha de pesquisa: Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Orientador: Raphael Tobias de Vasconcelos Barros

Belo Horizonte
2024

K49e

Kim, Viviane Jin Hee.

Eficiência das gestões de resíduos sólidos urbanos dos municípios mineiros em 2021 [recurso eletrônico] : um estudo apoiado na ferramenta análise envoltória de dados / Viviane Jin Hee Kim.- 2024.

1 recurso online (216 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Raphael Tobias de Vasconcelos Barros.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Apêndices: f. 205-214..

Anexos: f. 215-216.

Bibliografia: f. 193-204.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Engenharia sanitária - Teses. 2. Saneamento - Teses. 3. Resíduos sólidos - Administração - Teses. 4. Coleta seletiva - Teses.

5. Sustentabilidade e meio ambiente - Teses. 6. Logística reversa - Teses..

I. Barros, Raphael Tobias de Vasconcelos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 628(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO, MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

FOLHA DE APROVAÇÃO

"Eficiência das gestões de Resíduos Sólidos Urbanos dos municípios mineiros em 2021: um estudo apoiado na ferramenta *Análise Envoltória de Dados*"

Enga. VIVIANE JIN HEE KIM

Tese defendida e aprovada pela banca examinadora constituída pelos Senhores:

Prof. Raphael Tobias de Vasconcelos Barros (UFMG)

Profa Sílvia Maria Alves Corrêa Oliveira (UFMG)

Profa Liséte Celina Lange (UFMG)

Profa Viviana Maria Zanta (UFBA)

Profa Érica Pugliesi (UFSCar)

Aprovada pelo Colegiado do PG SMARH

Versão Final aprovada por

Profa. Priscilla Macedo Moura

Prof. Raphael Tobias de Vasconcelos Barros

Coordenadora

Orientador

Belo Horizonte, 21 de fevereiro de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Viviana Maria Zanta, Usuário Externo**, em 21/02/2024, às 14:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lisete Celina Lange, Professora do Magistério Superior**, em 23/02/2024, às 12:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Silvia Maria Alves Correa Oliveira, Professora do Magistério Superior**, em 20/03/2024, às 10:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Raphael Tobias de Vasconcelos Barros, Chefe de departamento**, em 21/03/2024, às 11:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Erica Pugliesi, Usuário Externo**, em 26/03/2024, às 11:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Priscilla Macedo Moura, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 27/03/2024, às 13:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3032095** e o código CRC **F2DF5117**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer ao meu marido, Michel Bessani, que sempre me inspirou e incentivou nessa jornada acadêmica, me deu todo o suporte necessário para que eu conseguisse me dedicar à pesquisa e sempre me acolheu com amor e respeito.

À minha mãe, Nan Soon, por tornar a vida mais leve e saborosa.

Às amigas que deixaram esse trajeto mais divertido, em especial a Ingrid e as meninas do “Happy Cows”.

Ao professor Raphael Tobias, pela orientação que foi além da pesquisa, com conversas sobre a vida e indicações de passeios.

À UFMG, por disponibilizar a estrutura para a conclusão desta etapa, incluindo as amigas criadas no doutoramento.

À CAPES, pelo apoio financeiro.

“Se o mundo é mesmo parecido com o que vejo, prefiro acreditar no mundo do meu jeito”

Renato Russo

RESUMO

A gestão de resíduos sólidos urbanos (GRSU) é um desafio para as administrações municipais devido ao aumento de geração e dos diversos impactos ambientais negativos provenientes de uma gestão ineficiente e de baixa qualidade. No Brasil e em Minas Gerais, há o respaldo legal através das Políticas (nacional e estadual) de resíduos sólidos; porém, os panoramas e os dados do Sistema Nacional de Informação sobre o Saneamento (SNIS) descrevem um retrato insatisfatório. Uma vez que é de interesse público a busca pela máxima eficiência das GRSU, as quais são sistemas complexos e dependem do funcionamento simultâneo de diversos fatores, identifica-se uma demanda em desenvolver estudos para aumentar a eficiência destas gestões municipais. Assim, o objetivo do trabalho foi diagnosticar a qualidade das gestões de RSU dos municípios mineiros em 2021, baseando-se nos dados do SNIS através da ferramenta Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA - em inglês). O estudo indicou que, das 633 cidades estudadas, apenas 96 foram classificadas como eficientes, o que foi considerado como precário. Porém, a descrição de alguns municípios permitiu identificar que, mesmo em cidades eficientes, de fato havia muitas lacunas nos serviços prestados referentes ao manejo de RSU, tais como ausência de coleta seletiva e/ou logística reversa e de planos de gestão, e disposição final inadequada (lixões ou aterros controlados). Dessa forma, considerou-se que a DEA isoladamente, utilizando as 12 variáveis selecionadas do SNIS e para os 633 municípios, foi insuficiente, pois retratou um panorama não condizente com a realidade. Isso se deu provavelmente pela qualidade questionável dos dados do SNIS e/ou pela limitação dos modelos clássicos da ferramenta. Assim, esses pontos foram considerados como as maiores limitações desta pesquisa, sendo propostas recomendações de estudos futuros para contornar esses problemas. Ficou nítido também que os municípios mineiros não estão em conformidade com as leis: no caso dos que têm alguma iniciativa, estas se limitaram a implementação/melhorias de algumas etapas do manejo de RSU, tais como investimentos na cadeia da reciclagem e erradicação dos lixões. Os resultados ademais indicaram que a participação em consórcios intermunicipais não trouxe grandes benefícios aos municípios (em relação aos escores de eficiência) e que não houve uma região do estado onde os municípios eficientes se concentravam. Apesar das melhorias observadas com o decorrer do tempo, seja na obtenção de dados pelo SNIS ou na qualidade das gestões municipais, Minas Gerais necessita de medidas urgentes que resultem no atendimento efetivo das Políticas, pois só assim será promovida uma gestão integrada e sustentável dos RS, contribuindo com a transição para economia circular e para atendimento dos objetivos do desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: gestão; resíduos sólidos urbanos; análise envoltória de dados; SNIS; Minas Gerais.

ABSTRACT

Urban Solid Waste Management (USWM) is a challenge for municipal administrations due to the increase in its generation and the negative environmental impacts from inefficient and low-quality management. In Brazil and Minas Gerais, there is a legal support through solid waste Policies (in national and state level); however, the panoramas and data from the National Sanitation Information System (SNIS, in Portuguese) show an insufficient situation. Since it is a public interest to seek maximum efficiency in USWM, which are a complex system and depends on several factors working simultaneously, the necessity for develop efficiency studies for solid waste management is identified. Thus, the objective of this study is to investigate the efficiency of USWM in Minas Gerais municipalities in 2021, based on SNIS data and applying Data Envelopment Analysis (DEA). The study indicated that only 96 municipalities, out of the 633 cities studied, were classified as efficient, which was considered poor. However, the investigation allowed the identification that there were efficient municipalities that had many gaps in the services provided regarding USWM, such as the absence of selective collection and/or reverse logistics, inadequate management Plans and final disposal (dumpsites). Therefore, it was considered that the use of DEA alone, using the 12 variables selected from the SNIS and for the 633 municipalities, was insufficient, as it portrayed a panorama that was not consistent with reality. This may have been a result of the questionable quality of the SNIS data and/or the limitation of the tool's classic models. Thus, these points were considered as the biggest limitations of this research, with recommendations for future studies. Finally, it was clear that the municipalities of Minas Gerais are not in compliance with the laws, in the case of those with any initiative, these were limited to the recycling chain and dumpsites elimination. The results also indicated that the participation of intermunicipal consortia did not bring great benefits to the municipalities (in relation to efficiency scores) and that there is no region in the state where efficient municipalities prevailed. Despite the improvements observed over time, as data declaration to SNIS or those in municipal management quality, it is urgent for the state of Minas Gerais to implement measures that result in effective compliance with the Policies, as this would promote integrated and sustainable SW management, the transition to a circular economy and accomplish with sustainable development goals.

Keywords: management; urban solid waste; data envelopment analysis; SNIS; Minas Gerais.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: GERAÇÃO DE RESÍDUOS POR PIB <i>PER CAPITA</i> . FONTE: ADAPTADO DE KAZA, SHRIKANTH E CHAUDHARY (2021).....	27
FIGURA 2: GERAÇÃO <i>PER CAPITA</i> POR PAÍSES.	28
FIGURA 3: DISTRIBUIÇÃO DOS MUNICÍPIOS EM RELAÇÃO À REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL DOS EMPREENDIMENTOS DE DESTINAÇÃO DE RSU, ANO BASE 2022.	33
FIGURA 4: SITUAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DE MG EM RELAÇÃO AO PMGIRS, ANO BASE 2021.	34
FIGURA 5: SITUAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DE MG EM RELAÇÃO AO PMSB, ANO BASE 2021.....	35
FIGURA 6: CLASSIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS POR FAIXA DE IRSU, ANO BASE 2021.....	36
FIGURA 7: MUNICÍPIOS INTEGRANTES DE CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE MINAS GERAIS.....	41
FIGURA 8: CICLO INFORMACIONAL DO SANEAMENTO BÁSICO.	45
FIGURA 9: DIFERENÇA GRÁFICA ENTRE OS MODELOS CCR E BCC.	56
FIGURA 10: NÚMERO DE ARTIGOS PUBLICADOS POR ANO, SEGUNDO O SCOPUS, E EQUAÇÃO DA LINHA DE TENDÊNCIA.	60
FIGURA 11: LISTA DOS DEZ AUTORES MAIS RELEVANTES SEGUNDO A QUANTIDADE DE ARTIGOS PUBLICADOS E CITAÇÕES POR ANO DOS DEZ AUTORES MAIS RELEVANTES.	61
FIGURA 12: REDE DE COAUTORIA ENTRE OS AUTORES COM PELO MENOS 3 PUBLICAÇÕES.	61
FIGURA 13: MAPA MUNDIAL DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA DE ARTIGOS QUE APLICARAM <i>DEA</i>	62
FIGURA 14: AGRUPAMENTO DOS TRABALHOS DO GRUPO 3, DE ACORDO COM A ORIENTAÇÃO ADOTADA E ANÁLISE EXTRA.	65
FIGURA 15: ESQUEMA ILUSTRATIVO DA METODOLOGIA ADOTADA PARA O ATENDIMENTO DE CADA OBJETIVO PROPOSTO NA TESE.....	68
FIGURA 16: VARIAÇÕES DO MODELO E ORIENTAÇÃO DA ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS.	73
FIGURA 17: EVOLUÇÃO DA QUANTIDADE TOTAL DE MUNICÍPIOS CADASTRADOS POR ANO NO SNIS-RS.	82
FIGURA 18: QUANTIDADE TOTAL DE MUNICÍPIOS DE ACORDO COM A SOMATÓRIA DE ANOS DE ANOS CADASTRADOS NO SNIS-RS.	83
FIGURA 19: RESPOSTAS OBSERVADAS NO SNIS-RS (SIM, NÃO OU SEM INFORMAÇÃO) DAS ETAPAS DE MANEJO DE RSU (COLETA SELETIVA, EXISTÊNCIA DE PLANOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS E SANEAMENTO BÁSICO E PARTICIPAÇÃO DE CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS DE RESÍDUOS SÓLIDOS) DOS MUNICÍPIOS NUNCA CADASTRADOS NO SNIS, A PARTIR DE INFORMAÇÕES OBTIDAS NO “PANORAMA RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM MG” DA SEMAD, (2022B).	85
FIGURA 20: TIPOLOGIA DE DESTINAÇÃO DE RSU DOS MUNICÍPIOS NUNCA CADASTRADOS NO SNIS A PARTIR DE INFORMAÇÕES OBTIDAS NO “PANORAMA RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM MG” DA SEMAD, (2022B).	86
FIGURA 21: RESPOSTAS OBSERVADAS NO SNIS-RS (SIM E NÃO) DAS ETAPAS DE MANEJO DE RSU DOS MUNICÍPIOS CADASTRADOS NO SNIS EM TODA A SÉRIE OBSERVADA, A PARTIR DE INFORMAÇÕES OBTIDAS NO “PANORAMA RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM MG” DA SEMAD, (2022B).	87
FIGURA 22: PROPORÇÃO DE DADOS FALTANTES TOTAIS NO SNIS POR ANO, PARA TODOS OS MUNICÍPIOS CADASTRADOS NO SISTEMA.	88
FIGURA 23: PROPORÇÃO DOS MUNICÍPIOS (%) QUE CADASTRARAM INFORMAÇÕES DO GRUPO CA (004, 005, 006, 007, 008) NO SNIS PARA CADA ANO.	90
FIGURA 24: PROPORÇÃO DOS MUNICÍPIOS (%) QUE CADASTRARAM INFORMAÇÕES DO GRUPO CA (001, 002, 003 E 009) NO SNIS PARA CADA ANO.	91

FIGURA 25: PROPORÇÃO DOS MUNICÍPIOS (%) QUE CADASTRARAM INFORMAÇÕES DO GRUPO CO (014, 019, 021, 050, 119, 165) NO SNIS PARA CADA ANO.	93
FIGURA 26: PROPORÇÃO DOS MUNICÍPIOS (%) QUE CADASTRARAM INFORMAÇÕES DO GRUPO CS (001, 009, 021, 026 E 027) NO SNIS PARA CADA ANO.	94
FIGURA 27: MAPA DA ÁREA DE ESTUDO, DIVIDIDO POR SUPRAMS.	99
FIGURA 28: QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS CLASSIFICADAS COMO EFICIENTES E INEFICIENTES PELA <i>DEA</i> , DE ACORDO COM O MODELO (CCR E BCC) E ORIENTAÇÃO (<i>INPUT</i> E <i>OUTPUT</i>).	103
FIGURA 29: ESCORE DE EFICIÊNCIA MÉDIO E PROPORÇÃO DE MUNICÍPIOS EFICIENTES PARA CADA ATO.	107
FIGURA 30: ESCORE DE EFICIÊNCIA MÉDIO E PROPORÇÃO DE MUNICÍPIOS EFICIENTES POR SUPRAM.	108
FIGURA 31: ESCORE DE EFICIÊNCIA MÉDIO E PROPORÇÃO DOS MUNICÍPIOS EFICIENTES DOS CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS DE GESTÃO DE RSU E DO GRUPO DE MUNICÍPIOS NÃO INTEGRANTES DE CONSÓRCIO.	110
FIGURA 32: CLASSIFICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS A PARTIR DO IRSU DO “PANORAMA RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM MG” CONSIDERANDO TODOS OS MUNICÍPIOS MINEIROS, APENAS OS ESTUDADOS NA <i>DEA</i> E OS EXCLUÍDOS DA <i>DEA</i>	115
FIGURA 33: QUANTIDADE DE INDICADORES DESENVOLVIDOS PELO MDR E DISPONÍVEIS NO SNIS PARA CADA GRUPO DE INFORMAÇÃO.	117
FIGURA 34: QUANTIDADE DE VEZES QUE OS MUNICÍPIOS CLASSIFICADOS COMO EFICIENTES FORAM REFERÊNCIA PARA OS MUNICÍPIOS INEFICIENTES.	120
FIGURA 35: <i>BOXPLOT</i> DOS DADOS SOCIOECONÔMICOS (POPULAÇÃO URBANA, IDHM E PIB <i>PER CAPITA</i>) DOS MUNICÍPIOS MAIS E MENOS EFICIENTES.	121
FIGURA 36: QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS QUE POSSUEM (OU NÃO) COLETA SELETIVA NOS MUNICÍPIOS MAIS EFICIENTES E INEFICIENTES.	123
FIGURA 37: QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS QUE POSSUEM (OU NÃO) LOGÍSTICA REVERSA NOS MUNICÍPIOS MAIS EFICIENTES E INEFICIENTES.	129
FIGURA 38: QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS QUE POSSUEM (OU NÃO) UNIDADES DE TRIAGEM E/OU COMPOSTAGEM NOS MUNICÍPIOS MAIS EFICIENTES E INEFICIENTES.	131
FIGURA 39: QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS QUE SÃO (OU NÃO) INTEGRANTES DE CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DENTRE OS MAIS EFICIENTES E INEFICIENTES.	134
FIGURA 40: QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS QUE REALIZAM (OU NÃO) COBRANÇA PELO SERVIÇO DE COLETA, TRANSPORTE OU DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS.	137
FIGURA 41: <i>BOXPLOT</i> DA MASSA COLETADA TOTAL DE RESÍDUOS DOS MUNICÍPIOS MAIS EFICIENTES E INEFICIENTES (KG/HAB.DIA). ...	139
FIGURA 42: <i>BOXPLOT</i> DA DESPESA TOTAL COM OS SERVIÇOS DE MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS POR HABITANTE (R\$/HAB.ANO) DOS MUNICÍPIOS MAIS EFICIENTES E INEFICIENTES.	139
FIGURA 43: <i>BOXPLOT</i> DA PROPORÇÃO DA DESPESA TOTAL (%) COM SERVIÇOS DE MANEJO DE RSU EM RELAÇÃO AOS GASTOS MUNICIPAIS COM DEMAIS SERVIÇOS (EDUCAÇÃO, SEGURANÇA, SAÚDE ETC.).	140
FIGURA 44: <i>BOXPLOT</i> DA QUANTIDADE TOTAL DE TRABALHADORES A CADA 1.000 HABITANTES ENVOLVIDOS COM O SERVIÇO DE MANEJO DE RSU DOS MUNICÍPIOS MAIS EFICIENTES E INEFICIENTES.	141

FIGURA 45: QUANTIDADE DE SUPRAMS E ATOS IDENTIFICADAS DENTRO DE CADA CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS EXISTENTE EM 2021.	145
FIGURA 46: <i>BOXPLOT</i> DAS INFORMAÇÕES SOCIOECONÔMICAS DOS 4 CONSÓRCIOS ESCOLHIDOS PARA INVESTIGAÇÃO.	148
FIGURA 47: QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS DE CADA CONSÓRCIO DE ACORDO COM OS TIPOS DE DISPOSIÇÃO FINAL DOS RSU.	150
FIGURA 48: PANORAMA DOS CATADORES E DA COLETA SELETIVA DOS CONSÓRCIOS INVESTIGADOS DE ACORDO COM A PROPORÇÃO DE MUNICÍPIOS DE CADA CONSÓRCIO PARA CADA PARÂMETRO.	151
FIGURA 49: PANORAMA DOS CONSÓRCIOS INVESTIGADOS EM RELAÇÃO À EXISTÊNCIA DE PLANOS, LOGÍSTICA REVERSA E COBRANÇA PELO SERVIÇO DE MANEJO DE RSU.	152
FIGURA 50: PANORAMA DOS QUATRO CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS SELECIONADOS PARA O DIAGNÓSTICO.	155
FIGURA 51: PROPORÇÃO (%) DE MUNICÍPIOS DE ACORDO COM AS RESPOSTAS DECLARADAS (SIM E NÃO) NO SNIS PARA OS INDICADORES QUALITATIVOS SELECIONADOS NESTA PESQUISA.	158
FIGURA 52: HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA DA QUANTIDADE IDEAL DE CATADORES ESTIMADA PARA CADA GRUPO DE 1.000 HABITANTES DOS MUNICÍPIOS MINEIROS.	160
FIGURA 53: HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA DA QUANTIDADE OBSERVADA DE CATADORES ASSOCIADOS PARA CADA GRUPO DE 1.000 HABITANTES DOS MUNICÍPIOS MINEIROS.	161
FIGURA 54: HISTOGRAMA DE FREQUÊNCIA DA TAXA DE COBERTURA DO SERVIÇO DE COLETA SELETIVA PORTA A PORTA.	163
FIGURA 55: QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS QUE COMPROMETEM MAIS DE 3% DA DESPESA MUNICIPAL COM SERVIÇO DE MANEJO DE RSU DE ACORDO COM O PORTE POPULACIONAL.	167
FIGURA 56: PRINCIPAIS DESAFIOS SOCIAIS, AMBIENTAIS E ECONÔMICOS PARA O ENCERRAMENTO DOS LIXÕES NO BRASIL.	194
FIGURA 57: RESUMO DO PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO DA COBRANÇA.	198
FIGURA 58: METODOLOGIA PROPOSTA PARA ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS.	201
FIGURA 59: MAPA DOS ARRANJOS TERRITORIAIS ÓTIMOS DE MG.	233

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: DESCRIÇÃO DOS INDICADORES UTILIZADOS PARA O CÁLCULO DO IRSU.	75
TABELA 2: ESCALA QUALITATIVA PARA INTERPRETAÇÃO DAS PERCENTAGENS.	80
TABELA 3: MUNICÍPIOS QUE NUNCA CADASTRARAM INFORMAÇÕES NO SNIS ENTRE 2002 E 2021.	84
TABELA 4: MUNICÍPIOS QUE CADASTRARAM TODOS OS ANOS DA SÉRIE HISTÓRICA NO SNIS E SUAS RESPECTIVAS POPULAÇÕES PARA O ANO DE 2021.	87
TABELA 5: COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN DAS VARIÁVEIS OBTIDAS NO SNIS, REFERENTE AO ANO DE 2021.	102
TABELA 6: ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS ESCORES DE EFICIÊNCIA DOS MUNICÍPIOS INTEGRANTES E NÃO INTEGRANTES E CONSÓRCIOS.	109
TABELA 7: COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE OS ESCORES DE EFICIÊNCIA (BCCIN), POPULAÇÃO URBANA E AS VARIÁVEIS DE ENTRADA DA DEA.	112
TABELA 8: RESULTADO DO TESTE DE COMPARAÇÃO ENTRE O ESCORE DE EFICIÊNCIA (DEA BCCIN) E O IRSU (SEMAD, 2022B).	114
TABELA 9: DESCRIÇÃO DOS MUNICÍPIOS COM CATADORES ORGANIZADOS EM ASSOCIAÇÕES.	124
TABELA 10: DESCRIÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES E COOPERATIVAS DE UBERLÂNDIA.	125
TABELA 11: SÍNTESE DA ANÁLISE DE CONTEÚDO DOS PMSB DE PRUDENTE DE MORAIS, SACRAMENTO E ITABIRA.	133
TABELA 12: PANORAMA DE TODOS OS MUNICÍPIOS MINEIROS CADASTRADOS NO SNIS EM 2021 EM RELAÇÃO AO ATENDIMENTO DOS QUINZE OBJETIVOS DA PNRS.	159
TABELA 13: QUANTIDADE DE MUNICÍPIOS POR TIPOS DE DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.	170
TABELA 14: DESCRIÇÃO DOS CONSÓRCIOS PÚBLICOS DE GESTÃO DE RSU DE MG (ANO BASE 2021).	223
TABELA 15: DADOS DOS DOZE MUNICÍPIOS MAIS E MENOS EFICIENTES SELECIONADOS PARA A ETAPA DO DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS.	230
TABELA 16: DADOS DOS DOZE MUNICÍPIOS MAIS E MENOS EFICIENTES SELECIONADOS PARA A ETAPA DO DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS (PARTE 2).	231

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: FORMULAÇÃO DOS OBJETIVOS DA PRESENTE PESQUISA.	20
QUADRO 2: FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DAS QUATRO PRINCIPAIS VARIAÇÕES DA <i>DEA</i>	54
QUADRO 3: LISTA DOS DEZ TRABALHOS MAIS CITADOS EM ORDEM DECRESCENTE DE RELEVÂNCIA E SEPARADOS POR GRUPOS PARA POSTERIOR DISCUSSÃO.	63
QUADRO 4: VARIÁVEIS DE ENTRADA E SAÍDA NA <i>DEA</i>	72
QUADRO 5: LISTA DE INDICADORES UTILIZADOS PARA O DIAGNÓSTICO DOS MUNICÍPIOS SELECIONADOS E SUAS RESPECTIVAS FONTES. 77	
QUADRO 6: SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS PARA ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DA PNRS EM MG COM OS SEUS RESPECTIVOS OBJETIVOS DA POLÍTICA NACIONAL.	78
QUADRO 7: RELAÇÃO ENTRE OS OBJETIVOS DA PNRS E AS VARIÁVEIS DO SNIS INCLUÍDAS PARA A ETAPA DE DIAGNÓSTICO DA PESQUISA.	80
QUADRO 8: DESCRIÇÃO DOS CONSÓRCIOS SELECIONADOS PARA A CARACTERIZAÇÃO.	146
QUADRO 9: DIAGNÓSTICO DOS INDICADORES QUALITATIVOS DO SNIS PARA OS MUNICÍPIOS MINEIROS EM 2021, SEGUINDO A CLASSIFICAÇÃO APRESENTADA NA SEÇÃO 4.4 (TABELA 2).	158
QUADRO 10: SÍNTESE DO CUMPRIMENTO DA PNRS, BASEANDO-SE NOS OBJETIVOS PREVISTOS NA LEI E INDICADORES DO SNIS.	176
QUADRO 11: PROCEDIMENTO PARA IMPLANTAR SISTEMA DE COLETA SELETIVA DE ACORDO COM AS ORIENTAÇÕES DA SEMAD (2022c).	190
QUADRO 12: DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS DE ERRADICAÇÃO DOS LIXÕES.	193
QUADRO 13: DESCRIÇÃO DAS ETAPAS METODOLÓGICAS PROPOSTAS PELO MMA PARA ELABORAÇÃO DE PLANOS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS.	201

LISTA DE SIGLAS

AAF - Autorização Ambiental de Funcionamento;
AMJG - Aterro Municipal de Jardim Gramacho;
ABAR - Associação Brasileira de Agências de Regulação;
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais;
ALICER - Associação Lixo Certo;
APARES - Associação dos Catadores de Papéis e Resíduos Sólidos de Juiz de Fora;
AS – Aterro Sanitário;
ASCAJUF - Associação Municipal de Catadores de Papel e Materiais Reaproveitáveis de Juiz de Fora;
ATOs – Arranjos Territoriais Ótimos;
BCC – Banker, Charnes e Cooper;
BCCin – Modelo BCC orientado para entrada;
BCCout - Modelo BCC orientado para saída;
CCR – Charnes, Cooper e Rhodes;
CCRin - Modelo CCR orientado para entrada;
CCRout - Modelo CCR orientado para saída;
CESBs - Companhias de Saneamento Brasileiras;
CIDASSP - Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento Sustentável da Região de São Sebastião do Paraíso;
CIDESEA - Consórcio Intermunicipal De Desenvolvimento Socioeconômico e Socioambiental dos Municípios da Microrregião de São Lourenço;
CIGEDAS – Consórcio intermunicipal de Gestão e Desenvolvimento Ambiental Sustentável das Vertentes;
CIISC - Comitê Interministerial de Inclusão Social dos Catadores de Materiais Recicláveis;
CIMME - Consórcio Intermunicipal Multifinalitário do Médio Espinhaço;
CIMVA - Consórcio Intermunicipal Multifinalitário do Vale do Aço;
CISAB SUL - Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Zona da Mata de Minas Gerais;
CISBRA - Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Região do Circuito das Águas;
CISPAR - Consórcio Público Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável do Alto Paranaíba;
CMT – Centrais Mecanizadas de Triagem;
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente;
CONVALE – Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Regional;
COPAM - Conselho Estadual de Política Ambiental;
CPGI - Consórcio Público para Gestão Integrada;
CS - Coleta Seletiva;
CSS - Coleta Seletiva Solidária;
CTF-APP – Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras e/ou Utilizadoras de Recursos Ambientais;
DEA – Data Envelopment Analysis;
DMAE - Departamento Municipal de Água e Esgoto;

DMUs – Decision Making Units;
DN – Deliberação Normativa;
EA – Educação Ambiental;
EPIs – Equipamentos de Proteção Individual;
ETE – Estação de Tratamento de Esgoto;
FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente;
GEE – Gases de Efeito Estufa;
GRS – Gestão de Resíduos Sólidos;
GRSU – Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos;
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
ICMS - Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação;
IDE-SISEMA - Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos;
IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal;
IFMG – Instituto Federal de Minas Gerais;
IRSU - Índice de Avaliação do Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos;
ISWA – International Solid Waste Association;
LA - Legislação Ambiental;
MADM - Métodos de Apoio à Decisão Multicritérios;
MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional;
MG – Minas Gerais;
MNCR - Movimento Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis;
MTR – Manifesto de Transporte de Resíduos;
NIMBY – Not in my backyard;
ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável;
ONGS – Organizações Não Governamentais;
PAYT – Pay as you throw;
PERS - Plano Estadual de Resíduos Sólidos;
PESB – Plano Estadual de Saneamento Básico de Minas Gerais;
PEVs – Pontos de Entrega Voluntária;
PIB – Produto Interno Bruto;
PLANARES – Plano Nacional de Resíduos Sólidos;
PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico;
PMGIRS - Planos Municipais de gestão integrada de resíduos sólidos;
PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico;
PMSL – Programa “Minas sem Lixão”;
PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos;
PNSB – Política Nacional de Saneamento Básico;
PPs – Políticas Públicas;
PSA - Pagamento por Serviços Ambientais;
RA - Regularização Ambiental;
RAPP - Relatório Anual de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais;
RSU – Resíduos Sólidos Urbanos;
S.I.M. - Serviço De Inspeção Municipal;
SEMAD - Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável;
SIAM - Sistema Integrado de Informação Ambiental;
SINIMA - Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente;

SINIR – Sistema Nacional de Informações sobre a gestão de Resíduos Sólidos;
SINISA - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento Básico;
SISEMA - Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos;
SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento;
SNIS – AE – Snis referente à Água e Esgoto;
SNIS – AP – Snis referente à Águas Pluviais;
SNIS – RS – Snis referente à Resíduos Sólidos;
SNS – Secretaria Nacional de Saneamento;
STN - Secretaria do Tesouro Nacional;
SUPRAM - Superintendências Regional de Meio Ambiente;
UE – União Europeia;
UTC - Usina de Triagem e Compostagem;
WtE – Waste to Energy.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
2.	OBJETIVOS	20
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
	3.1. Política nacional de resíduos sólidos	21
	3.2. Panorama mundial, brasileiro e de Minas Gerais	26
	3.3. Consórcios intermunicipais de gestão de resíduos sólidos	37
	3.4. Dados de saneamento básico	44
	3.5. Análise envoltória de dados (DEA)	51
4.	MATERIAL E MÉTODO	68
	4.1. Análise crítica SNIS	68
	4.2. Análise de eficiência.....	69
	4.3. Comparação entre DEA e IRSU	74
	4.4. Diagnóstico e análise da implementação da PNRS e proposição de melhorias. 75	
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	82
	5.1. Análise crítica do SNIS-RS	82
	5.2. Análise de eficiência.....	98
	5.3. Índice de avaliação do sistema de gestão de RSU.....	114
	5.4. Diagnóstico	118
	5.5. Cumprimento das políticas públicas	157
	5.6. Proposição de melhorias.....	178
6.	CONCLUSÃO	206
7.	LIMITAÇÕES DA PESQUISA	208
8.	RECOMENDAÇÃO DE TRABALHOS FUTUROS	208
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	210
	APÊNDICE A	222
	APÊNDICE B	225
	APÊNDICE C	229
	ANEXO I	232

1. Introdução

A explosão populacional associada ao movimento migratório em massa para os centros urbanos gerou uma série de demandas que não foram supridas plenamente, como a criação de empregos, habitação, saneamento básico, transporte, saúde e educação (Kumar; Singh; Banerjee, 2020). Consequentemente, as desigualdades sociais nas áreas urbanas aumentaram e a parcela da população de baixa renda passaram a viver em condições precárias, gerando uma enorme pressão sobre o meio ambiente. Uma destas pressões está atrelada a maior produção de resíduo, expondo os limites do meio ambiente em relação aos próprios recursos naturais disponíveis (Iyamu, Anda; Go, 2020; Das *et al.*, 2019). Isso tem assumido proporções crescentes e é reconhecida como um dos maiores problemas da humanidade (Sarra; Mazzocchitti; Rapposelli, 2017; Nanda; Berruti, 2021).

Segundo Kaza, Shrikanth e Chaudhary (2021), a média da geração *per capita* mundial de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) em 2016 foi cerca 0,96 kg/hab.dia, sendo esperado para 2050 uma geração *per capita* de 1,22 kg/hab.dia. No contexto brasileiro, observa-se que o Brasil segue o mesmo padrão mundial, pois a massa coletada *per capita* de RSU foi aproximadamente 0,93 kg/hab.dia em 2010 para 0,99 kg/hab.dia em 2021, de acordo com os Diagnósticos do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos de 2010 e 2020 (Snsa, 2012; Mdr 2022).

A má gestão pode gerar diversos impactos ambientais, como a degradação do solo, comprometimento dos corpos d'água e mananciais, intensificação de enchentes, contribuição para a poluição do ar e proliferação de vetores (Iyamu; Anda; Go, 2020; Das *et al.*, 2019). Além disso, as capacidades diárias de processamento dos aterros existentes são insuficientes para atender o volume de RSU (Batista *et al.*, 2021), além da redução de áreas disponíveis adequadas para esta finalidade e identificada por Seibert (2014) há quase uma década. Ou seja, a população em conjunto com a administração pública deve buscar medidas para tornar a gestão de RSU mais eficiente. Porém, essa busca por novos hábitos requer o engajamento de diversos setores da sociedade, abrangendo aspectos econômicos, sociais e ambientais de forma simultânea e cada qual com sua respectiva responsabilidade (World Bank, 2021; Iyamu; Anda; Go, 2020).

Isso é possível através da elaboração e implementação de Políticas Públicas (PPs), definida como uma estrutura institucional por intermédio do Poder Executivo e instituída por leis ou atos normativos para criar uma base para sua implementação (Iyamu, Anda; Go, 2020). No Brasil, o principal instrumento legal é a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS),

instituída pela Lei 12.305 de 2010 (Brasil, 2010b), cuja implementação ainda não é satisfatória (Martins; Carvalho Júnior; Galvão Júnior, 2022; Camolezi *et al.*, 2021).

Para a implementação da Política e de uma Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (GRSU) de qualidade, as administrações dependem da qualidade dos dados/indicadores disponíveis e da interpretação correta deles (Das *et al.*, 2019). Isso afetará diretamente o processo de tomada de decisão e permitirá que os governos e operadores projetem e executem ações de forma mais eficientes e econômicas (Kaza *et al.*, 2018). A busca por uma gestão mais eficiente contribuirá com a modernização no setor de saneamento e universalização do serviço (Hora *et al.*, 2015; Barbosa; Bastos, 2014), salientando a necessidade de estudos voltados para a análise da eficiência destes sistemas municipais.

Recomenda-se o uso de técnicas e ferramentas que permitam a inclusão de diversas variáveis simultaneamente, dada a complexidade de um sistema de GRSU. Segundo Hora *et al.* (2015), a Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis - DEA*) é uma das técnicas que permite trabalhar considerando múltiplas entradas e saídas simultaneamente, se mostrando como uma ferramenta adequada para aplicar no contexto das gestões municipais de resíduos sólidos. A análise de eficiência é feita por comparação, demonstrando como determinada unidade está operando em relação às outras e permitindo visualizar um retrato do grupo (Barbosa; Bastos, 2014; Zhou *et al.*, 2017).

Barbosa e Bastos (2014) consideram a *DEA* uma ferramenta importante para auxiliar o processo de tomada de decisões, melhorando as práticas operacionais nos serviços de saneamento. O método apresenta os escores de eficiência individualizados para cada unidade, facilitando a compreensão das diferenças entre as unidades, a identificação das limitações para a modernização e a proposição de soluções direcionadas para melhorar a prestação do serviço de saneamento.

Diversos estudos brasileiros utilizaram este método para analisar a eficiência de serviços de saneamento, sendo o primeiro desenvolvido por Castro (2003), que concluiu que é viável aplicar *DEA* em questões de saneamento. Além deste, mencionam-se os estudos realizados por Vieira (2019), Araújo (2017), Kumegawa, Vasconcelos e Silva (2017), Barbosa e Bastos (2014) e Arruda *et al.* (2013). Porém, observa-se que a maioria dos estudos focou nos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, desconsiderando os serviços de limpeza pública e drenagem urbana, o que foi considerado como uma lacuna da área de pesquisa.

No caso de Minas Gerais, identifica-se que estudos de eficiência aplicados na gestão de resíduos sólidos de forma mais sistêmica podem trazer benefícios. Isso, pois, o panorama do

Estado indica o atraso em relação ao cumprimento das Políticas, mesmo apresentando melhorias com o decorrer do tempo. Por exemplo, 40,2% dos municípios destinavam seus resíduos para empreendimentos que não estão ambientalmente regularizados em 2022, representando 27,41% da população urbana atendida (Semad, 2023a). O último dado publicado nos Panoramas sobre a existência de planos de gestão foi referente ao ano de 2021, sendo relatado que 57% dos municípios declararam ter Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (Semad, 2022b).

Por isso, dado o contexto dos RSU no Estado de Minas Gerais e a importância de uma gestão adequada para minimizar os impactos socioambientais, um estudo aprofundado sobre o tema se mostra como necessário e pertinente, contribuindo com a elaboração de estratégias, respeitando as prioridades e limitações de cada região. Dessa forma, esta pesquisa visa a contribuir com uma análise da eficiência da gestão dos RSU nos municípios mineiros para o ano de 2021, podendo contribuir com o PERS, o qual está em processo de elaboração (final de 2023), além da possibilidade de proporcionar melhorias práticas para alguns dos municípios incorporados na área de estudo.

Além disso, este estudo buscou incorporar o máximo de variáveis de forma a retratar de forma mais completa a complexidade de um sistema municipal de gestão de RSU, diferentemente dos estudos consultados onde a análise de eficiência era voltada para uma etapa específica do manejo de resíduos, e testar as quatro variações clássicas da *DEA* (retorno constante e variável em escala e orientado para entrada e saída), as quais serão mais bem descritas na seção de revisão bibliográfica desta tese. Ou seja, este estudo poderá auxiliar futuras pesquisas a utilizar a técnica *DEA* de forma mais adequada e com a escolha do modelo e orientação de acordo com os seus objetivos, além de tratar da problemática com uma visão sistêmica.

2. Objetivos

A partir do tema escolhido para o projeto de pesquisa, no caso, a qualidade da gestão de resíduos sólidos urbanos no contexto mineiro, estabeleceram-se os objetivos a partir da formulação do problema, pergunta científica e hipótese, apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Formulação dos objetivos da presente pesquisa.

PROBLEMA	PERGUNTA	HIPÓTESE	OBJETIVO	
Gestão inadequada de RSU é um dos problemas da sociedade moderna	As gestões municipais de RSU são eficientes em Minas Gerais?	Gestão municipal de RSU é ineficiente em Minas Gerais	Analisar eficiência da gestão de RSU nos municípios sedes de consórcios de MG	Objetivo geral
O Sistema de Informações sobre Saneamento no Brasil é defasado	O SNIS é suficiente para analisar a qualidade das gestões municipais de RSU?	O SNIS não é suficiente para analisar a evolução das gestões de RSU	Analisar a qualidade/competência do Sistema de Informação Nacional sobre Saneamento	Objetivo específico
Dificuldade em manipular a elevada quantidade de dados disponíveis no SNIS	É possível analisar a qualidade das gestões municipais de RSU partir de uma quantidade elevada de informações disponíveis no SNIS?	É possível analisar a qualidade das gestões municipais de RSU com uma maior quantidade de informações	Analisar a eficiência da gestão municipal de RSU de cidades mineiras de forma a retratar a complexidade do sistema	Objetivo específico
Operação e implementação de consórcios intermunicipais de gestão de RSU defasado	A gestão municipal RSU é melhor para os municípios consorciados se comparado com os não consorciados?	A qualidade da gestão municipal de RSU dos municípios consorciados é melhor do que os municípios não consorciados.	Comparar a eficiência das GRSU dos municípios consorciados e não consorciados	Objetivo específico

3. Revisão bibliográfica

A primeira parte apresenta o contexto da Política Nacional de Resíduos Sólidos e as dificuldades de sua devida implementação. Em seguida, será descrito um breve panorama mundial, brasileiro e mineiro quanto à gestão de resíduos sólidos urbanos. Na seção seguinte (3.3) se discorrerá sobre os consórcios intermunicipais de gestão de resíduos sólidos, as vantagens e recomendações desses arranjos. Por fim, as duas últimas seções deste capítulo tratam dos dados de saneamento, destacando-se o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS) e a Análise Envoltória de Dados, ferramenta utilizada para o desenvolvimento desta pesquisa.

3.1. Política nacional de resíduos sólidos

Apesar dos avanços na GRSU nesta última década, após a promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), ainda não puderam ser vistos êxitos na implementação devida da Lei, prejudicando sua eficácia (Barros; Silveira, 2019; Martins; Carvalho Júnior; Galvão Júnior, 2022). Por exemplo, Cetrulo *et al.* (2018) verificaram que: a geração de resíduos aumentou; apesar da abrangência do serviço ter aumentado, a proporção da população com frequência de coleta adequada diminuiu; a taxa de recuperação dos materiais recicláveis não aumentou significativamente; e a proporção de aterros sanitários para a disposição final adequada dos resíduos também não aumentou.

Isto é considerado como consequência da falta de conhecimento sobre a temática pelos gestores locais, carência de alguns instrumentos e de planejamento estratégico (Camolezi *et al.*, 2021). Somado a isso, Cetrulo *et al.* (2018) consideram como obstáculos para a efetiva implementação da PNRS os seguintes fatores:

- falta de fundos financeiros governamentais, principalmente para municípios pequenos e com poucos recursos financeiros para investir em tecnologias mais caras, como aterros sanitários;
- excesso de burocracias para acessar recursos financeiros;
- falta de recursos humanos para planejar, implementar, gerir e supervisionar os requisitos legais e promover o atendimento da lei;
- indisponibilidade de tecnologias para implementação efetiva da PNRS;
- participação pública insuficiente;

- a descentralização do governo federal insuficiente para o cumprimento das agendas, considerando o ciclo eleitoral (duração de quatro anos);
- falta de penalidades para o não cumprimento da lei.

Os desafios para a aplicação da PNRS diferem com a região, de acordo com as diferentes realidades brasileiras e peculiaridades de cada local (Martins; Carvalho Júnior; Galvão Júnior, 2022). No caso dos grandes centros urbanos, regiões onde o porte e densidade populacional são maiores, esta preocupação fica mais evidente, por conta da maior geração de RSU, da escassez de áreas disponíveis para disposição final e da maior ocorrência de destinação inadequada dos resíduos, sendo ocasionada por ocupações irregulares causadas por cidades não planejadas, principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil (Nanda e Berruti, 2021; Martins; Carvalho Júnior; Galvão Júnior, 2022).

Além de o processo de institucionalização da gestão de resíduos sólidos ser apenas incipiente, a desarticulação entre a Política Estadual e Nacional, os municípios são submetidos a um duplo ordenamento e sem apoio dos outros níveis da federação para implementação local das políticas. Para World Bank (2021), a efetiva implementação de políticas ambientais necessita do reconhecimento dos governantes sobre a necessidade de mudanças institucionais e os custos associados. A implementação adequada resultaria em diversos ganhos e na promoção do desenvolvimento sustentável, como a adequação da disposição dos resíduos provenientes das atividades industriais; aumento da cadeia de reciclagem, inclusão socioeconômica dos catadores de materiais recicláveis; implementação de uma logística reversa que promova a reinserção dos materiais na cadeia produtiva ou que os destine de forma adequada (Chaves; Santos Júnior; Rocha, 2014). Porém, observa-se que há dificuldades de se implementar PPs, principalmente em países em desenvolvimento, considerando os recursos limitados disponíveis para se executar as ações necessárias (Salau; Osho; Sem, 2017).

De acordo com Batista *et al.* (2021), existe uma percepção deficiente da aplicabilidade prática dos modelos analíticos de gestão, tanto no domínio da aderência como da viabilidade operacional, dada a complexidade e elevada dimensão dos resíduos produzidos, entre outros fatores. Embora a legislação seja inovadora, os reais problemas dos RSU estão longe de uma solução (Nascimento *et al.*, 2022).

Segundo Barros e Silveira (2019), quando as gestões públicas executam as referidas leis, estas se limitam a parte dos processos, o que resulta no comprometimento da eficácia

e gera impactos ambientais. No Brasil, por exemplo, o modelo de gestão predominantemente adotado tem caráter mais imediatista e voltado para o tratamento dos resíduos sólidos (especialmente a disposição final), limitando-se à transferência destes materiais dos centros urbanos para os destinos finais, não incorporando medidas preventivas, bem como adoção de estratégias para evitar o esgotamento dos recursos naturais e prolongar a vida útil dos aterros sanitários (Reis; Friede; Lopes, 2018).

Esta visão reducionista da GRSU, ainda é muito limitada para a questão da disposição final dos resíduos sólidos. Compreende-se que este enfoque é resultado da meta de erradicação dos lixões, porém, a substituição dos lixões por aterros sanitários não é a única e, muito menos, a melhor solução. Pois, há cada vez menos áreas disponíveis para a implementação de novos aterros, além de manter tanto a gestão como um todo quanto a destinação dos RSU centralizada.

De acordo com a PNRS, a erradicação dos lixões deveria ter ocorrido até 2014 (Brasil, 2010b). Porém, o prazo já foi prorrogado duas vezes, sendo que os municípios devem regularizar esta questão até 2 de agosto de 2024, o que vai depender do porte populacional de cada município (Brasil, 2020). As capitais e regiões metropolitanas tinham o limite estabelecido para 2021, enquanto cidades com mais de 100.000 habitantes tinham até agosto de 2022 para acabar com os lixões. Já os municípios com população entre 30.000 e 100.000 habitantes tinham até 2023 para erradicar os lixões e os municípios com menos de 50.000 habitantes até agosto de 2024.

Além desta Agenda, em Minas Gerais, houve o programa “Minas sem Lixão” (PMSL) que foi criado em 2003 pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM). No caso, o Estado delimitou metas mais ambiciosas se comparado com a União, pois foi estabelecido o encerramento de 80% dos 823 lixões existentes em 2003 e atender 60% da população urbana com sistemas tecnicamente adequados e devidamente licenciados até dezembro de 2011 (Feam, 2021).

Apesar dos avanços apresentados no último “Panorama resíduos sólidos urbanos em MG” publicado, a proporção de municípios mineiros que ainda destinavam seus resíduos para lixões em 2022 era considerável, totalizando 276 municípios (Semad, 2023a). Isto retrata o descaso quanto ao cumprimento da Lei e atendimento do Programa Minas sem lixão (PMSL), sendo necessária a adequação dos prazos para que os mesmos deixem de destinar seus resíduos para locais totalmente inapropriados e sem dispositivos de controle ambiental. Segundo Nascimento *et al.* (2022, p. 499), a hipótese levantada

para a não erradicação dos lixões é “a realidade econômico-financeira enfrentada pela maioria dos municípios brasileiros”, onde somente a imposição da lei não é capaz de garantir o cumprimento das normas de saneamento básico.

Além da PNRS, diversos protocolos e legislações foram criados visando, dentre outros aspectos, a qualidade de vida da sociedade e busca por mais proteção ao meio ambiente, pois sem ele, toda forma de vida estará ameaçada. Por exemplo, menciona-se o Decreto 10.240/2020, que Complementa o Decreto nº 9.177 de 2017 quanto à implementação de sistema de logística reversa, e o Decreto 11.413/2023, que institui o Certificado de Crédito de Reciclagem de Logística Reversa, o Certificado de Estruturação e Reciclagem de Embalagens em Geral e o Certificado de Crédito de Massa Futura, no âmbito dos sistemas de logística reversa.

Entretanto, um dos marcos deve ser destacado: a Lei nº 14.026/2020 (Brasil, 2020), também conhecida como *Novo Marco Regulatório do Saneamento*, que visa a superar alguns dos problemas enfrentados pelos municípios, que até então eram os titulares exclusivos dos serviços de manejo de RSU e de limpeza pública urbana. Dentre as alterações, destacam-se as modificações quanto à titularidade dos serviços, à prestação regionalizada e à necessidade da cobrança visando à remuneração pelos serviços de manejo de RSUs prestados ou postos à disposição dos usuários.

Além disso, pontua-se o veto ao apoio técnico e financeiro, por parte da União e dos Estados aos Municípios, para o cumprimento dos novos prazos de destinação correta dos resíduos sólidos. Consequentemente, essa medida pode inviabilizar os novos prazos previstos na PNRS, principalmente para a maioria dos municípios mineiros que são de pequeno porte e com arrecadação municipal mais limitada. Outro ponto a ser realçado é o incentivo para a abertura do mercado para a iniciativa privada, rompendo com o predomínio das companhias estaduais de saneamento na execução dos serviços.

Ou seja, o novo marco regulatório pode trazer melhorias, principalmente no que tange à sustentabilidade econômico-financeira das administrações municipais com a realização de cobrança pelos serviços. Entretanto, pode resultar em um recuo frente ao cumprimento da hierarquia de ações prevista no artigo 7, inciso II da PNRS e nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), principalmente se o setor privado passar a atuar mais, onde o lucro e sistemas de gestão centralizados são prioridades, pois a receita é obtida por meio da massa de resíduos destinados para as unidades de tratamento e disposição final, como os aterros sanitários.

Por último, deve-se mencionar a publicação do Planares (Plano Nacional de Resíduos Sólidos), que foi instituído pelo Decreto nº 11.403, de 13 de abril de 2022 (SINIR, 2023). Conforme previsto na PNRS (Brasil, 2010b), o Planares é um dos instrumentos para se materializar a Política Nacional por meio de diretrizes, estratégias, ações e metas. No caso dos RSU, o Planares apresenta 9 metas, sendo estas:

- Aumentar a sustentabilidade econômico-financeira de resíduos pelos municípios;
- Aumentar a capacidade de gestão dos municípios
- Eliminar práticas de disposição final inadequada e encerrar lixões e aterros controlados;
- Reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;
- Promover a inclusão social e emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
- Aumentar a recuperação da fração seca dos RSU;
- Aumentar a reciclagem da fração orgânica dos RSU;
- Aumentar a recuperação e aproveitamento energético de biogás de RSU;
- Aumentar a recuperação e aproveitamento energético por meio de tratamento térmico de RSU.

Em relação às diretrizes e estratégias, o plano dividiu de acordo com o conjunto de metas. Cada diretriz possui um conjunto de estratégias que, além de estabelecer linhas orientadoras,

devem ser compartilhadas entre os três níveis federativos, com integração do poder público, da sociedade e dos geradores de resíduos sólidos, sejam eles públicos ou privados, ressaltando-se as diretrizes e medidas de incentivo à gestão regionalizada, conforme definição legal (Mma, 2022a, p. 160).

O Plano ainda estabelece quatro programas para atender as metas previstas, trazendo materialidade para o alcance das metas previstas. No total o documento apresenta quatro programas (Mma, 2022a), sendo:

- Programa Nacional Lixão Zero;
- Programa Nacional de Combate ao Lixo no Mar e Programa Nacional Rios + Limpos;
- Programa Nacional de Logística Reversa;
- Programa Nacional de Recuperação de Áreas Contaminadas.

Os cenários e metas demonstram o desafio a ser enfrentado, pois são séculos de gestão e manejo inadequado para serem resolvidos em um horizonte de 20 anos. De acordo com o Decreto 10.936 de 2022, o Ministério do Meio Ambiente encaminhará ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) o relatório anual sobre a implementação do Planares, cabendo ao CONAMA monitorar a execução do Plano e sugerir os aperfeiçoamentos necessários. Complementarmente, o Sistema Nacional de Informações sobre a gestão de Resíduos Sólidos (SINIR) será outro instrumento para monitorar e acompanhar a evolução da implementação do Plano. Dessa forma, possibilitarão o controle social, com dados consolidados, relatórios e painéis interativos, sendo eficaz como ferramenta de controle, fiscalização e acompanhamento da implementação do Planares por todas as unidades da federação (Mma, 2022a).

Apesar de sua relevância, deve ser pontuado que o Plano não apresenta programas ou sequer trata de Educação Ambiental (EA), Cezar-Matos (2022, p. 95) considera que “o PLANARES faz absoluto e incômodo silêncio com relação a este imperioso e necessário instrumento de implementação da PNRS que é a Educação Ambiental”. Essa crítica é pertinente, uma vez que a implementação de programas de educação ambiental traz desdobramentos positivos para a sociedade, temática que será explorada posteriormente na tese.

Assim, através da bibliografia é possível verificar que existem diversos marcos ambientais, onde foram criados protocolos, pactos, conferências. No Brasil, a PNRS, PLANARES e demais legislações representam os principais esforços em busca do desenvolvimento sustentável, sendo uma das maiores dificuldades o cumprimento por parte do poder público, organizações e a sociedade.

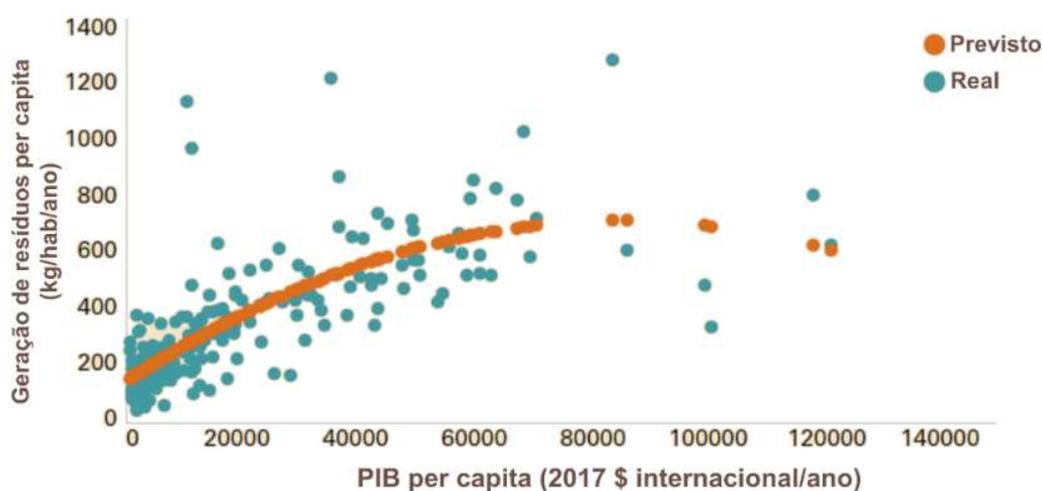
3.2. Panorama mundial, brasileiro e de Minas Gerais

A partir de dados de geração de resíduos de 217 países, *World Bank* publicou o relatório “*More Growth, Less Garbage*” reportando uma estimativa mundial para o ano de 2020 e projeções para 2050 caso os padrões de consumo e descarte permaneçam iguais (Kaza; Shrikanth; Chaudhary, 2021). Estimou-se uma geração *per capita* de 0,74 kg/hab.dia e um total de 2,01 bilhões de toneladas de resíduos sólidos em 2016 (Kaza *et al.*, 2018), tendo previsões de geração *per capita* de 1,07 kg/hab.dia para 2050 e um total de 3,88 bilhões de toneladas (Kaza; Shrikanth; Chaudhary, 2021). Segundo World Bank

(2021), este aumento será majoritariamente por causa dos países de renda média, cuja estimativa é que a geração de resíduos seja cinco vezes maior nas próximas três décadas.

Complementarmente, Chen *et al.* (2020) concluíram que o total de geração de resíduos cresce a uma velocidade decrescente com o desenvolvimento econômico. Historicamente, observou-se uma relação positiva entre a geração de resíduos e renda *per capita*, Figura 1, indicando a forte correlação positiva entre o PIB *per capita* e a geração de resíduos sólidos até o PIB de 60.000 dólares¹; após este ponto, a geração aumenta de forma moderada e em níveis muito altos de PIB *per capita*, há uma ligeira correlação negativa (Kaza; Shrikanth; Chaudhary, 2021; Nanda; Barruti, 2021).

Figura 1: Geração de resíduos por PIB *per capita*. Fonte: Adaptado de Kaza, Shrikanth e Chaudhary (2021).



Fonte: Adaptado de Kaza, Shrikanth e Chaudhary (2021).

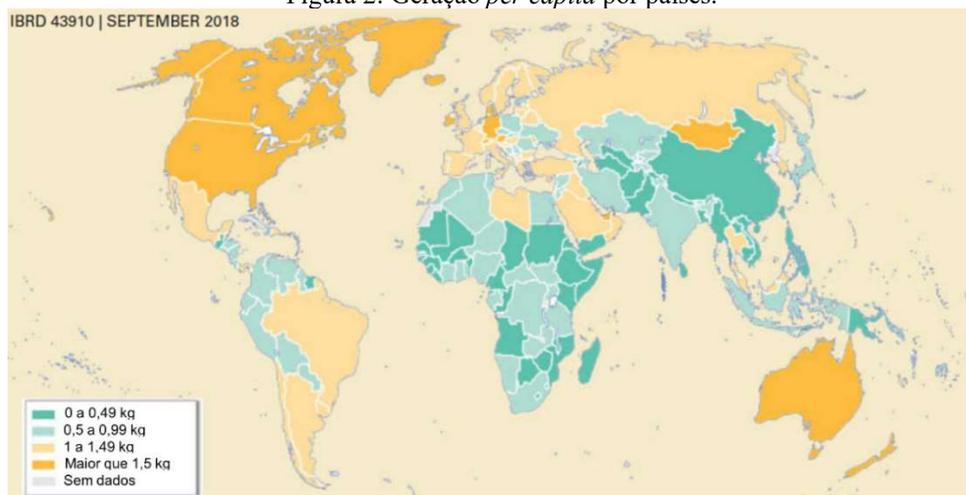
Portanto, fica evidente que o padrão de geração de resíduos sólidos varia de país para país. Por exemplo, Kaza, Shrikanth e Chaudhary (2021) estimaram que em 2020 os países ricos geraram em torno de 1,6 kg/hab.dia, comparado com uma geração de 0,91 kg/hab.dia para países de renda média e 0,47 kg/hab.dia de países mais pobres. Esta diferença entre regiões também foi abordada por Kaza *et al.* (2018), indicado na Figura 2.

Nanda e Berruti (2021) relatam que os três maiores geradores de resíduos são os Estados Unidos, China e Índia, sendo que os dois últimos em conjunto com Brasil, Indonésia e México estão entre as dez nações geradoras de resíduos sólidos. Esse

¹ Medido com um ajuste da paridade do poder de compra em \$ internacionais constantes de 2017.

fenômeno é resultado de suas populações expressivas que estão prosperando e adotando padrões de consumo mais elevados, similares aos dos países desenvolvidos. As três regiões com a maior proporção de nações com rendas médias e baixas geram o menor montante de resíduos *per capita*, sendo: Região da África Subsaariana com média de 0,46 kg/dia, Sul da Ásia com 0,52 kg/dia, Leste da Ásia e região do Pacífico com 0,56 kg/dia.

Figura 2: Geração *per capita* por países.



Fonte: Adaptado de Kaza *et al.* (2018).

Além da geração, a composição dos resíduos e os padrões de gestão também variam de acordo com as características socioeconômicas do país (Nanda; Berruti, 2021; Das *et al.*, 2019). Os países mais pobres apresentam uma predominância da fração orgânica nos resíduos gerados e falta de infraestrutura para uma gestão adequada (Batista *et al.*, 2021), enquanto os países mais ricos apresentam maior geração de papel, metal, vidros e outros. Conseqüentemente, a GRSU e as estratégias adotadas irão variar de acordo com a região e as características locais, sendo esperado que, à medida que a população cresce, maiores investimentos em ações e ferramentas de gestão são necessários e a cobertura do sistema deve ser ampliada ao longo do tempo (Galvão; Alves; Bassin, 2023).

Em relação ao serviço de coleta, Kaza *et al.* (2018) relatam que os países ricos possuem uma cobertura do serviço de aproximadamente 100% de suas respectivas áreas. No caso dos países com renda média-baixa, a taxa de cobertura de coleta gira em torno de 51%, e nos países de renda baixa, 39%. Neste último caso, os resíduos são normalmente manejados de forma independente pela própria população, sendo mais comum a atuação de profissionais informais.

Segundo Kaza *et al.* (2018), a destinação final dos resíduos sólidos também não apresenta um panorama positivo, pois apenas 40% dos mesmos são dispostos em aterros

sanitários, 33% ainda são dispostos em lixões a céu aberto e o restante é recuperado por meio de reciclagem e compostagem ou segue para tratamento por meio de alguma tecnologia mais moderna, como incineração. Já a estimativa realizada por Maalouf e Mavropoulos. (2023) aponta que quase um terço dos resíduos não é coletado, e, do montante coletado, a maioria não é tratada de acordo com os atuais padrões de gestão de qualidade, sendo que quase 42% dos RSU vão para lixões a céu aberto ou queimadas descontroladas.

Segundo Chen *et al.* (2020), a porcentagem dos resíduos destinados para lixões passará de 28% em 2015 para 18% em 2050, ao mesmo tempo que aumentará a parcela de resíduos destinados para tratamentos mais sustentáveis, como a compostagem, reciclagem e com recuperação energética. O tipo de destinação varia significativamente de acordo com a renda e região, sendo os lixões são mais comuns em regiões pobres. Segundo Kaza *et al.* (2018), em torno de 93% dos resíduos que são queimados ou dispostos inadequadamente (lixões, terrenos, cursos d'água, entre outros) são provenientes dos países de baixa renda.

Normalmente, a primeira medida adotada em busca de uma gestão sustentável é a construção e operação de aterros sanitários (Kaza *et al.*, 2018). De acordo com Nanda e Barruti (2021), o Aterro Sanitário (AS) é uma prática tradicional utilizada para enterrar resíduos não recicláveis e aparentemente é o procedimento adotado na maioria dos países desenvolvidos. Os países em desenvolvimento apresentam limitações espaciais para a instalação de aterros sanitários, resultando em uma menor popularidade desta forma de destinação para estas regiões e exigindo ações para prolongar a vida útil destes dispositivos.

Assim, os dados indicam que a quantidade de resíduos que não é gerenciada, ou é de maneira inadequada, é um sério motivo de preocupação. As melhorias globais nas práticas de gestão de resíduos em sua velocidade atual provavelmente não serão suficientes para compensar o impacto adverso de resíduos mal gerenciados (World Bank, 2021). Por exemplo, a quantidade de resíduos reciclados teria de aumentar de 363Mt (em relação a 2015) para 740 Mt até 2030 para começar a redução da geração insustentável de resíduos (Chen *et al.*, 2020). Por isso, a necessidade de mudanças comportamentais e uma atuação mais ativa das gestões públicas são consideradas como uma demanda urgente. Como resultado da globalização, países em desenvolvimento estão adotando o estilo de vida dos países desenvolvidos e, assim, a tendência é dos países de renda baixa

ou média também se inspirarem (ou até copiarem) estruturas implementadas no sistema de gestão de resíduos sólidos, com a expectativa de ter o mesmo resultado (Nanda; Berruti, 2021).

A mudança necessária nos países mais pobres, isto é, partir da ideia de soluções isoladas e imediatistas, como apenas dispor os resíduos de forma adequada, e passar a incorporar medidas de redução, tratamento e reciclagem resulta em um custo maior do que são considerados para embarcar neste tipo de desenvolvimento (Barros; Silveira, 2019; Reis; Friede; Lopes, 2018). Ademais, o sucesso requer um ambiente propício e adequado compreendendo instrumentos jurídicos, regulamentares e econômicos, bem como financiamento suficiente, capacidade de pessoal e consciência ambiental pública. Ou seja, é evidente que a efetividade e o sucesso dependem de muitos fatores, como observado na implementação bem-sucedida da hierarquia de resíduos na União Europeia (UE) e Japão (World Bank, 2018).

De acordo com o relatório “Municipal Solid Waste Management: A Roadmap for Reform for Policy Makers”, publicado por World Bank (2018), tanto a UE quanto o Japão reduziram a quantidade de resíduos aterrados e aumentaram a taxa de reciclagem e recuperação nos últimos quinze anos. Este avanço foi resultado de décadas de trabalho, incluindo um considerável esforço em engajar a população para garantir a sua participação na separação adequada dos resíduos. Além disso, foi essencial o estabelecimento de contratos sociais entre a população, indústrias e o setor público, em prol da cooperação e sustentar o meio ambiente como um bem público comum a todos. Nesta segunda década do século XXI, a UE e Japão são referências mundiais em relação ao desenvolvimento e aplicação de políticas ambientais no setor de resíduos sólidos.

No caso de países em desenvolvimento, como a América Latina em conjunto com o Caribe, região com predominância de países de renda média e baixa, foram gerados 231 milhões de toneladas de resíduos sólidos com média *per capita* de 0,99 kg/hab.dia em 2016. Aproximadamente 84% das áreas contavam com serviço de coleta, destacando-se que a média para as áreas rurais foi aproximadamente 30%. Desta quantidade coletada, um pouco mais da metade foi destinado para aterros sanitários, apenas 4,5% foram reciclados e aproximadamente 52% era composto da fração orgânica (Kaza *et al.*, 2018). As maiores fragilidades das gestões municipais de resíduos sólidos em países em desenvolvimento, como o Brasil, são resultado das altas taxas populacionais, diversidade, tamanho geográfico e base econômica (Batista *et al.*, 2021). Por exemplo, Mancini *et al.*

(2021) constataram que a região sudeste concentra as indústrias de reciclagem, possui a melhor estrutura viária para facilitar a logística do setor e concentra os centros de desenvolvimento tecnológicos e de pesquisas no setor de resíduos sólidos. Ademais, estes desafios são relacionados com a coleta e transporte, desigualdade da frequência e cobertura do serviço de coleta e disposição final inadequada dos resíduos (Cetrulo *et al.*, 2018).

De acordo com o “Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos” (Mdr, 2022), em 2021 a cobertura de coleta regular dos resíduos domiciliares atendeu 98,3% da população urbana, índice considerado como bom por se aproximar aos dados de países desenvolvidos. O relatório identificou uma média nacional da massa coletada *per capita* para a população urbana em 0,99 kg/hab.dia, totalizando 65,6 milhões de toneladas de resíduos domiciliares e públicos coletados nas áreas urbanas, retratando uma redução de 1 milhão de toneladas.

Ao comparar dados referente à reciclagem entre 2020 e 2021 (Mdr, 2021a; 2022), verifica-se uma involução. Pois, mesmo que a quantidade de municípios cadastrados tenha aumentado (de 4.589 municípios cadastrados em 2020 passou para 4.900 em 2021), a quantidade de municípios que contavam com coleta seletiva reduziu de 1.664 (36,3%) para 1.567 (32%). Em relação às unidades de processamento, o Diagnóstico reporta que, em 2021, 1.572 municípios brasileiros ainda destinavam seus resíduos para lixões, que mesmo sendo um número maior do que o registrado no ano anterior, proporcionalmente houve uma redução de 30,1% para 28,4% dos municípios cadastrados em cada ano. Assim, verifica-se que o panorama nacional não é satisfatório, sendo constatados alguns recuos, inclusive.

Dessa forma, verifica-se que o panorama observado a partir dos dados apresentados corrobora com o estudo de Lino, Ismail e Castañeda-Ayarza (2023). Os autores concluíram que problemas relacionados com a geração, coleta e tratamento dos RSU não recebem a devida atenção das autoridades públicas e sociedade. A partir da revisão de literatura realizada e diagnóstico obtido, os autores identificaram as seguintes perspectivas futuras para o país:

- demanda por maiores investimentos no aproveitamento energético a partir dos resíduos (*waste-to-energy* em inglês ou *wte*), cooperando com a redução de emissões nos aterros sanitários;

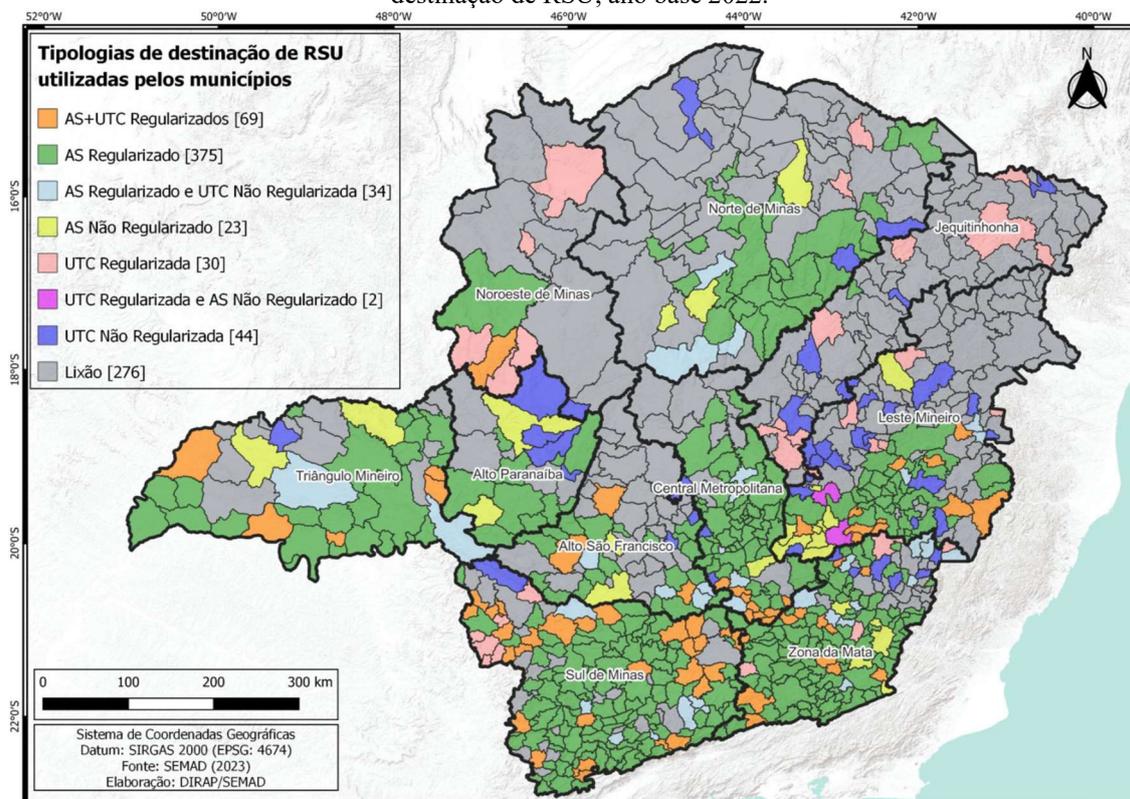
- erradicação dos lixões por meio de programas de conscientização e políticas públicas adequadas;
- formação de consórcio de pequenos municípios para promover a implementação de aterros sanitários e projetos de reaproveitamento energético;
- elaboração de políticas públicas efetivas para a devida inclusão social dos catadores de materiais recicláveis;
- criação de medidas e padrões de qualidade para restaurar a confiança e aceitação do público quanto a compostagem de resíduos orgânicos.

Além disso, os autores também identificaram que uma parcela significativa dos resíduos gerados não é coletada, e dos coletados, nem todos são tratados adequadamente. O estudo identificou a reciclagem está muito aquém do ideal, principalmente quando comparada com países desenvolvidos e há predominância da destinação dos resíduos em aterros sanitários, o que foi atribuído à simplicidade, baixo custo e manutenção reduzida. Portanto, é nítido que o Brasil precisa de melhorias urgentes em busca de uma Gestão de qualidade, estando em concordância com as leis pertinentes.

Assim como o Brasil, o Estado mineiro se mostra como bastante expressivo no contexto da gestão de resíduos sólidos, dado o potencial de geração e os impactos ambientais provenientes de um manejo de baixa qualidade. Minas Gerais é o segundo mais populoso (20.539.989 habitantes), o quarto com a maior área territorial (586.513,983 km²), constituído de 853 municípios e responsável pelo terceiro maior PIB, representando 9,5% do PIB nacional em 2021 (IBGE, 2023c; SP [...], 2023).

Em 2022, a maioria dos municípios mineiros (59,8%) destinou seus resíduos sólidos urbanos para empreendimentos regularizados ambientalmente, destacando-se as Superintendências Regional de Meio Ambiente (SUPRAM) Sul de Minas e a Zona da Mata (Semad, 2023a) por terem as maiores quantidades destes empreendimentos. 276 municípios ainda destinavam os RSU para lixões a céu aberto ou aterros controlados (classificados no panorama como “empreendimento irregular”). Este retrato está apresentado na Figura 3, a qual indica os municípios de acordo com a regularização ambiental dos empreendimentos de destinação de RSU.

Figura 3: Distribuição dos municípios em relação à regularização ambiental dos empreendimentos de destinação de RSU, ano base 2022.

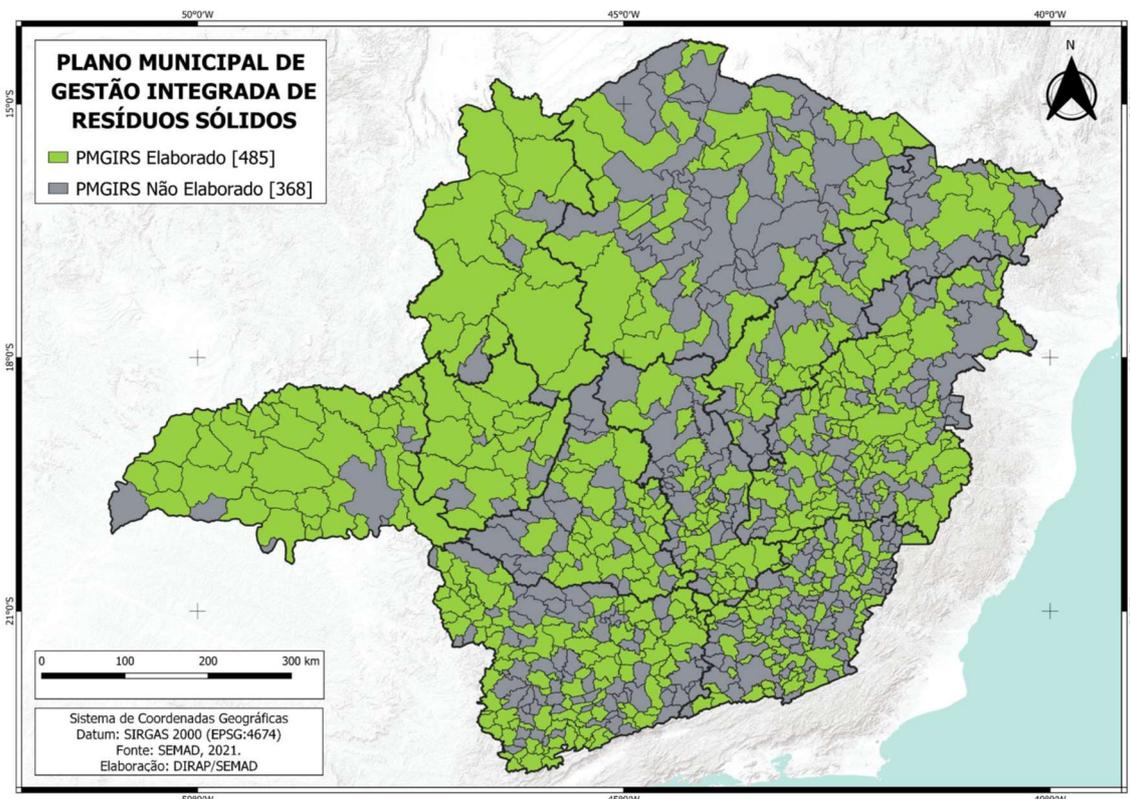


Fonte: Semad (2023a).

Uma vez que as últimas edições do “Panorama” não seguiram o mesmo padrão de conteúdo fornecido, dificultando inclusive a análise da evolução de alguns parâmetros, as próximas informações serão baseadas nos Panoramas referentes aos anos de 2020 e 2021 (Semad, 2021b; 2022b). Em relação aos dados de geração, o último dado fornecido pelo Panorama foi referente a 2020 (Semad, 2021b). A estimativa da geração média diária de 14.395 toneladas de RSU em 2022 (0,73 kg/hab.dia), sendo que deste total 12.843 toneladas são de origem urbana (0,77 kg/hab.dia) e 1.552 toneladas de origem rural (0,53 kg/hab.dia). Essa estimativa indica um retrato um pouco melhor do que a média nacional, cuja massa coletada per capita foi de 0,99 kg/hab.dia (apresentado na seção anterior).

Em relação à existência de Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), apenas 485 (57%) municípios elaboraram o Plano em 2021 (Semad, 2022), conforme exigido pela Lei 12.305/2010 (Brasil, 2010b). Isto é, apesar de a maioria contar com o documento elaborado, a proporção dos que não possuem Plano ainda é considerável (368 municípios). Esses dados, bem como sua distribuição geográfica, estão representados na Figura 4.

Figura 4: Situação dos municípios de MG em relação ao PMGIRS, ano base 2021.



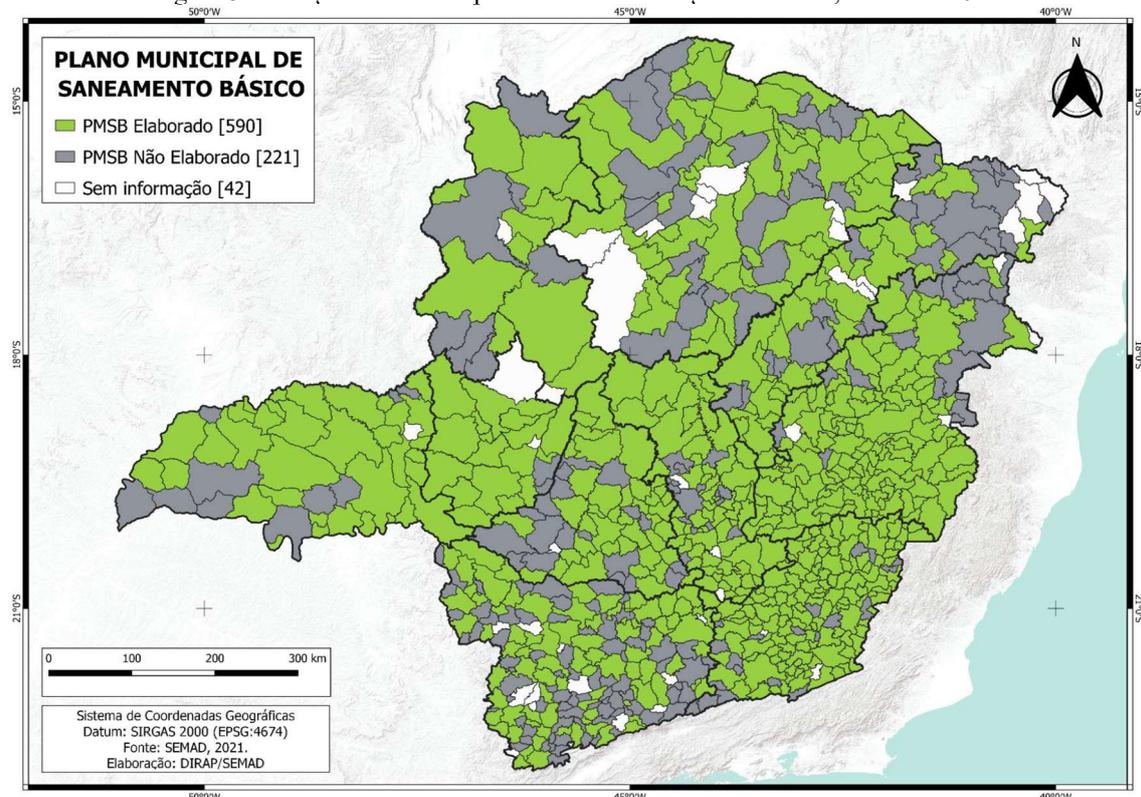
Fonte: Semad (2022b).

Não se tem conhecimento de documento(s) que analise(m) a qualidade destes PMIGRS, sabendo-se de antemão que vários são meras cópias de planos elaborados para outros municípios, mostrando descolamento em relação à realidade local. Outros destes planos, apesar de poderem ter sido elaborados baseados em dados locais, são exercícios imprecisos de futurologia, já que não têm qualquer condição de serem implementados como previsto, se se compara com o histórico da atuação das prefeituras desde a vigência da lei nacional.

Deve-se mencionar que a legislação permite que o município não elabore PMGIRS caso o conteúdo mínimo previsto pela PNRS seja abordado no Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Em relação aos municípios que possuem o PMSB, o panorama é mais favorável, como pode ser visto na Figura 5. Foram identificados que, referente ao ano 2021, 590 (69%) municípios estão com seus PMSB elaborados, 221 (26%) que ainda não dispõem do instrumento e outros 42 (5%) em que não foi possível obter a informação sobre a elaboração ou não do Plano. Entretanto, a verificação do cumprimento do conteúdo mínimo não foi apresentada no Diagnóstico, assim como não

foi investigada pela pesquisadora, não sendo possível afirmar se a quantidade de municípios sem PMGIRS é superior ao apresentado na Figura 4.

Figura 5: Situação dos municípios de MG em relação ao PMSB, ano base 2021.

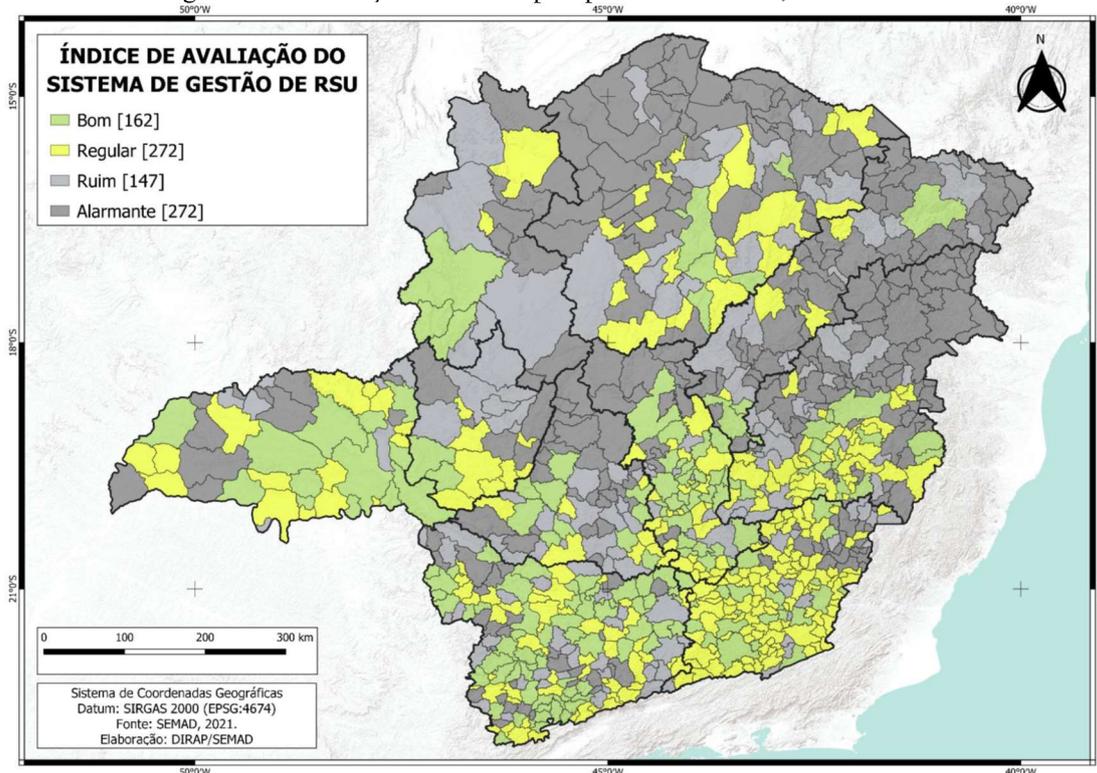


Fonte: Semad (2022b).

Com a finalidade de avaliar a qualidade da gestão de RSU dos municípios mineiros, a Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) desenvolveu o Índice de Avaliação do Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos – IRSU. Sua constituição é formada por 3 indicadores: Coleta Seletiva – CS, Regularização Ambiental – RA e Legislação Ambiental – LA. Após a obtenção dos índices, os municípios foram classificados em quatro categorias (Bom, Regular, Ruim, Alarmante), resultado apresentado na Figura 6.

Dentre esses, apenas 7 municípios contam com sistema de coleta seletiva (sem que se tenha avaliação de sua qualidade, nível de serviço e eficiência) e nenhum destina os RSU para empreendimentos ambientalmente regularizados, sendo majoritariamente destinados a lixões. 202 cidades declararam possuir PMGIRS ou PMSB (Semad, 2022b). Os piores resultados estão centrados nos municípios da porção norte do Estado, nesse mapa representado pelas Superintendências Regional do Meio Ambiente (SUPRAMs) Norte de Minas, Jequitinhonha, Noroeste, Alto São Francisco e Leste Mineiro, havendo clara diferença entre o número de municípios e a dimensão territorial dos mesmos.

Figura 6: Classificação dos municípios por faixa de IRSU, ano base 2021.



Fonte: Semad (2022b).

No final do diagnóstico (Semad, 2021b), foram identificados seis principais problemas na gestão de resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais, sendo estes:

- disposição irregular de RSU em lixões;
- existência de empreendimentos não regularizados, isto é, com as licenças ambientais devidas;
- inexistência de banco de dados estadual informatizado;
- baixa adesão dos municípios na implementação de coleta seletiva;
- quantidade grande de municípios sem planos municipais de saneamento básico ou de gestão de resíduos sólidos;
- parcela da população sem atendimento por destinação adequada de RSU (29%).

Segundo Semad (2023a), a elaboração do PERS iniciou em 2022, sendo previsto a sua conclusão para 2024. A princípio, os Planos Estaduais e Municipais deveriam ter sido elaborados até 02 de agosto de 2012, pois seria a condição para que os estados e municípios tivessem acesso aos recursos da União destinados a empreendimentos e serviços relacionados à gestão de resíduos sólidos, ou para serem beneficiados por incentivos ou financiamentos de entidades federais de crédito ou fomento para tal

finalidade (Mma, 2023a). Reforça-se que para a elaboração do PERS, tanto a PNRS quanto o Plano Estadual de Saneamento Básico de Minas Gerais (PESB), que foi finalizado em 2022, serão utilizados como base.

Dessa forma, é nítido que os avanços da GRSU no Brasil e em Minas Gerais ocorreram de forma tímida e insuficiente. A descrição realizada nesta revisão indica que todos os parâmetros mencionados estão em desacordo com as previsões da PNRS, como a elaboração de PMGIRS, implementação de coleta seletiva, integração aos consórcios no caso dos municípios pequenos e erradicação dos lixões. Portanto, identifica-se como pertinente e oportuno o desenvolvimento de pesquisas nesta área de estudo, ainda mais considerando sua relevância nacional, e relacionadas à qualidade da GRSU e atendimento da PNRS.

3.3. Consórcios intermunicipais de gestão de resíduos sólidos

O panorama apresentado aponta para a necessidade em promover melhorias nas GRSU, porém, tais melhorias implicam em despesas para arcar com o custo do serviço de coleta, tratamento e disposição final, o que pode ser uma grande limitação para os municípios de pequeno porte. Ademais, constata-se a falta desenvolvimento institucional, o que, associado com a incapacidade técnica e operacional e com a insustentabilidade financeira, resulta em uma estrutura mais frágil dos modelos tradicionais adotados. Esta é a realidade de muitos municípios mineiros, o que torna atrativa a alternativa de consórcios intermunicipais e pode desempenhar um papel fundamental na descentralização da gestão pública e implantação de medidas integradas (Ventura *et al.*, 2020).

Assim como nos países em desenvolvimento, esses municípios de pequeno porte podem ter outras demandas como prioridades, como o desenvolvimento de infraestruturas rodoviárias, sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, abastecimento de energia, entre outros (Kojima, 2020), dificultando ainda mais essas mudanças em busca de GRSU eficiente. Dessa forma, a cooperação intermunicipal surge a partir de um interesse comum entre os municípios e se mostram como uma opção viável, favorecendo a complementação de recursos, a troca de experiências entre os participantes e um maior padrão de qualidade do serviço prestado (Borba; Oliveira, 2020; Allers; Greef, 2018).

A principal motivação dos municípios em integrar esses arranjos é a redução de despesas, considerando que, quanto maior a capacidade de instalação das unidades de

tratamento e disposição final, menores serão os custos unitários associados com a construção das mesmas (Soukopová; Vaceková, 2018). Além da questão financeira, a cooperação intermunicipal também pode estar relacionada com a escassez de áreas disponíveis para a instalação de unidades de tratamento ou de disposição final, com limitações de ordem institucional e organizacional, e com a falta de capacidade humana, pois os pequenos municípios podem não conseguir contratar especialistas em GRS (Kojima, 2020).

O consórcio é definido como um dos instrumentos da PNRS (Brasil, 2010b, Art. 8º, inciso XIX), “com vistas à elevação das escalas de aproveitamento e à redução dos custos envolvidos”, sendo previsto que os consórcios já constituídos “com o objetivo de viabilizar a descentralização e a prestação de serviços públicos que envolvam resíduos sólidos, têm prioridade na obtenção dos incentivos instituídos pelo Governo Federal”. Segundo Fernandes *et al.* (2020), os municípios passaram a cooperar para superar os desafios técnicos e financeiros que a PNRS trouxe aos governos locais, reduzindo custos e efetivamente dando conta das demandas da nova política.

Além disso, uma das alterações previstas pela Lei nº 14.026/ 2020 (Brasil, 2020), dentre as já mencionadas anteriormente, está a prestação regionalizada como mais uma condição de acesso aos recursos federais. Segundo Duarte (2023), essa nova condição desagradou as administrações municipais, pois já “questionavam o excesso de exigências e restrições que o governo federal estabelece para os municípios acessarem recursos”. Porém, é necessário compreender o potencial dos consórcios no fortalecimento da gestão e da qualidade da prestação do serviço.

Outra novidade com o novo marco legal do saneamento básico é a atribuição aos estados da responsabilidade em definir arranjos regionais. Em Minas Gerais, a proposta de arranjos, denominados de Arranjos Territoriais Ótimos (ATOs) já tinha sido realizada anteriormente, cuja definição foi baseada nos consórcios preexistentes, alocando municípios ainda não consorciados em consórcios já existentes para obter uma população mínima de 300.000 habitantes. Dessa forma, seria proporcionado um ganho de escala para viabilizar a destinação ambientalmente adequada de resíduos e rejeitos (Duarte, 2023).

Os ATOs² foram propostos pelo Governo de Estado de Minas Gerais por meio do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA) para a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos, sendo fruto do Plano Preliminar de Regionalização da Gestão de Resíduos Sólidos para o Estado de Minas Gerais (Silva, 2016). A formação dos ATOs seguiu critérios baseados em dados ambientais, socioeconômicos, de transporte e logística de RS, na perspectiva de consorciamento de municípios para a gestão integrada dos RSU, que contemple a viabilidade técnico-econômica e atenda a legislação vigente.

A proposta de regionalização do Plano Preliminar resultou em 285 agrupamentos de municípios e 51 ATOs. Todos os municípios do ATO devem ter acesso viário à cidade polo e distância de malha viária preferencialmente até 30km entre as sedes municipais. Porém, independentemente da proposta dos ATOs, os consórcios intermunicipais foram se desenvolvendo conforme necessidade dos municípios partícipes em atender interesses comuns, ou seja, a proposta dos arranjos não foi seguida (Semad, 2021a). As áreas dos ATOs e os Consórcios existentes em 2021 não eram coincidentes. Assim, a utilização apenas dos ATOs para regionalização dos serviços de gestão de RSU no Estado poderia resultar no desmembramento dos consórcios existentes (Semad, 2021a). Por outro lado, o estabelecimento apenas dos consórcios existentes como unidades de prestação regionalizada dos serviços não atende a todas as regiões do Estado.

Segundo Semad (2023b), o estado de Minas Gerais possui 39 consórcios intermunicipais de resíduos sólidos, apresentados na Figura 7. O detalhamento operacional de alguns consórcios será realizado posteriormente, dando suporte às análises previstas da pesquisa. Em relação à quantidade de consórcios e municípios integrantes de cada, houve inconsistências entre diferentes fontes (SNIS, 2023; Semad, 2023b; Semad, 2022b³) e os sítios eletrônicos dos próprios consórcios. Por isso, identifica-se que essa despadronização limita a execução de planos e elaboração de estratégias.

Porém, Duarte (2023) salienta que em muitos estados, os arranjos definidos ainda não se reverteram em consórcios públicos por motivos diversos. Por exemplo,

² A localização e distribuição dos ATOs propostos estão disponíveis no ANEXO I.

³ Descrição dos consórcios mineiros referente ao ano de 2021 (Semad, 2022b) está disponível no Apêndice A.

(...) a baixa qualidade de alguns planos estaduais, a reduzida participação municipal no processo de planejamento, o desconhecimento das possibilidades e prerrogativas dos consórcios públicos intermunicipais e o baixo interesse dos chefes dos executivos municipais na regionalização devido a questões de natureza político-partidária (Duarte, 2023, p. 73).

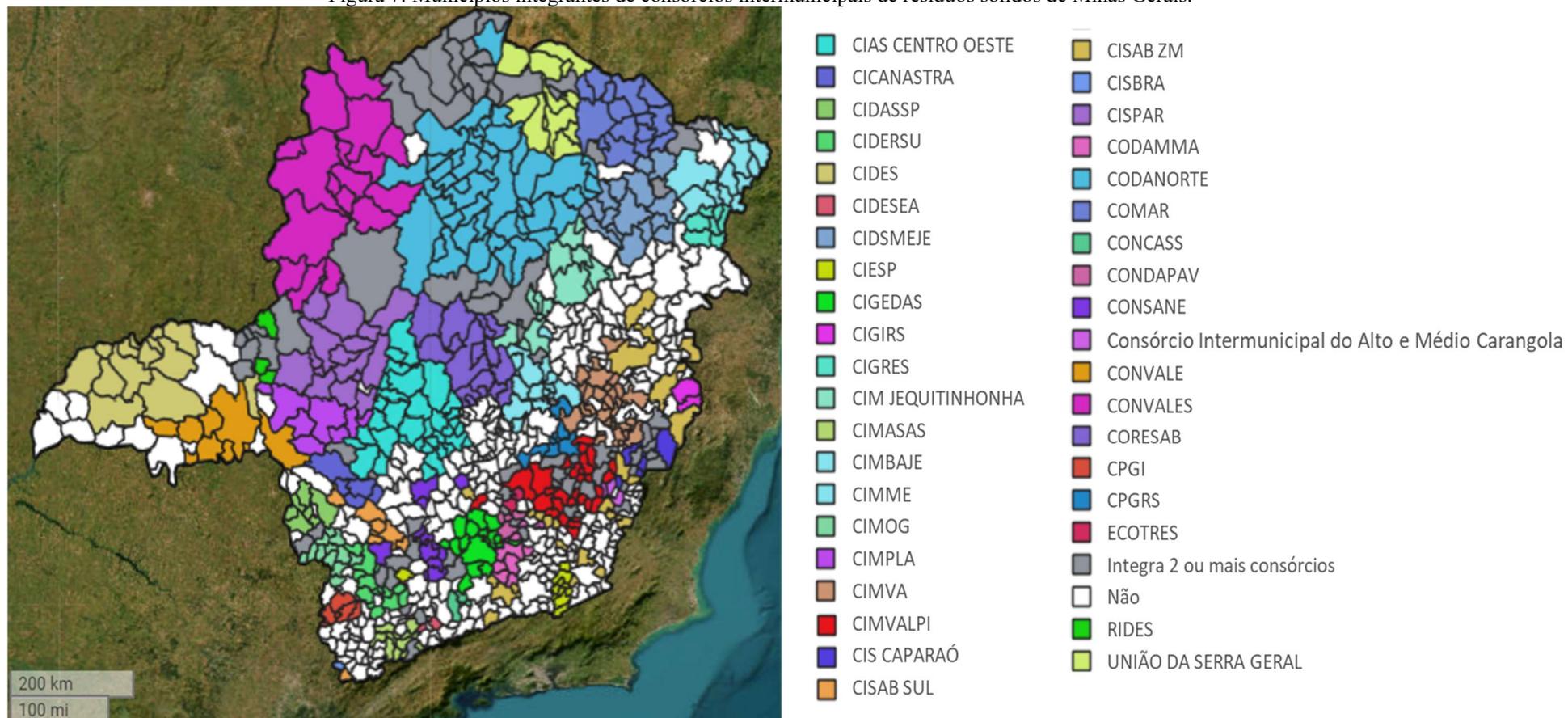
Apesar dos consórcios normalmente serem implementados em busca de maior eficiência e redução dos custos, Allers e Greff (2018) constatam que existem poucas evidências empíricas que dão suporte para a hipótese de que esses arranjos possuem os desdobramentos positivos esperados. O estudo realizado por Soukopová e Vaceková (2018) mostrou que a redução de custo é significativamente influenciada pelo arranjo institucional do consórcio, dos gestores e da participação dos representantes municipais na gestão. Corroborando com esse estudo, Baba e Asami (2020) concluíram que integrar consórcio afeta o custo por gerar despesas com a transação, como o monitoramento da qualidade do serviço, sendo descontados de acordo com o tamanho da população. Entretanto, mesmo que a despesa municipal aumente, isso não implica que os consórcios melhorem a eficiência das gestões (Allers; Greff, 2018).

O aumento das despesas está relacionado com o porte populacional superior a 10.000 habitantes e com o comportamento voltado para o lucro das empresas responsáveis pela coleta de resíduos (Soukopová; Vaceková, 2018). Além do porte populacional, o perfil populacional também é relevante, no caso, municípios com predominância de cidadãos com idade menor a 20 anos ou superior a 65 são os maiores responsáveis pela redução das despesas dos governos locais (Silvestre *et al.*, 2019).

Ao comparar os custos de implantação e operação de um consórcio intermunicipal de resíduos sólidos urbanos com os custos das disposições atuais de municípios do Sul de Minas Gerais, Nascimento *et al.* (2022), verificaram que o consórcio implicaria em uma economia de mais de R\$ 40 milhões ao longo da vida útil de um AS consorciado (216 meses). Além disso, os municípios que cumprem com a legislação podem contar com uma ampliação no ICMS⁴ ecológico destinado a eles e com apoio do Estado mineiro por meio de financiamento, como os oferecidos pelo Banco do Desenvolvimento de Minas Gerais (César, 2017).

⁴ Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação.

Figura 7: Municípios integrantes de consórcios intermunicipais de resíduos sólidos de Minas Gerais.



Fonte: Semad (2023b).

Da perspectiva de prestação regionalizada de serviços na primeira década da PNRS, a concepção dos consórcios intermunicipais era mais restrita à possibilidade de compartilhar um AS entre municípios (Duarte, 2023). Porém, os municípios devem ampliar o leque de alternativas para além da destinação final, com adoção de rotas tecnológicas mais amplas e dividindo demais equipamentos e infraestruturas relacionados com o manejo de resíduos sólidos. Dessa forma, os municípios consorciados estariam mais alinhados com a definição de gestão integrada de resíduos sólidos e poderiam promover a adoção de medidas em prol da economia circular.

A cooperação intermunicipal pode ser vantajosa para alguns serviços, mas não necessariamente para todos. Além dos efeitos variarem de acordo com o tipo de serviço prestado, os desdobramentos (positivos ou negativos) da cooperação intermunicipal irão variar de acordo com o contexto local. Conforme pontuado por Fernandes *et al.* (2020), há uma maior quantidade de estudos que investigam essa questão nos países ocidentais e desenvolvidos, porém, há uma lacuna na literatura quando se trata de países em desenvolvimento.

Essas particularidades locais ficam nítidas quando se comparam as análises realizadas por Allers e Greef (2018) e Fernandes *et al.* (2020). O primeiro estudo, realizado na Holanda com dados de 2005 e 2013, concluiu que a cooperação intermunicipal não trouxe redução de despesas para os municípios, sendo observado o fenômeno contrário para os municípios pequenos e grandes. O segundo estudo, realizado no Brasil com dados de 2013 a 2015, pontuou que os governos locais de pequeno e médio porte têm maior probabilidade de se beneficiar da cooperação. Isto parece derivar das economias de escala e da melhoria da capacidade administrativa e técnica, proveniente da cooperação.

A redução de gastos não é a única motivação possível para a cooperação entre os municípios (Allers; Greef, 2018). No Brasil, a motivação dos governos locais em adotar essa estratégia não é clara (Fernandes *et al.*, 2020), sejam os relacionados a vantagens administrativas ou a incentivos pontuais, como os repasses financeiros decorrentes da satisfação de determinada exigência (César, 2017). Silva, Imbrosi e Nogueira (2017) investigaram qual a motivação de 285 municípios integrantes dos consórcios (regiões Norte, Sudeste e Sul do Brasil). Os autores constataram que as principais motivações eram: relacionadas com as unidades de disposição final, erradicação de lixões e recuperação de áreas degradadas, e limitações financeiras, econômicas e técnicas. Com

as entrevistas, identificaram-se a necessidade de implementação de um sistema de cobrança de taxa e a falta de capacidade técnica, o que poderia resultar em maiores despesas municipais no treinamento dos gestores.

Para Fernandes *et al.* (2020, p. 517),

governos municipais são independentes em suas decisões e podem se engajar em cooperação, independente da afinidade política ou apoio legal. O estudo observou que a receita total per capita e o IFGF [Índice FIRJAN de Gestão Fiscal] decrescentes levaram a um crescente uso dos consórcios para a prestação de serviços de coleta e tratamento de resíduos sólidos, indicando que a adoção dessa prática é uma questão de custos e não uma questão política.

Ainda na última regressão, o envolvimento em acordos cooperativos anteriores mostra uma forte influência na escolha dos consórcios para a prestação de serviços de coleta e tratamento de resíduos sólidos.

A investigação realizada por César (2017), identificou os seguintes fatores de motivação para os municípios constituírem um consórcio: busca de eficiência para as administrações públicas; ganho de escala; viabilização da contratação de equipe técnica mais qualificada; rateio de despesas; licitações regionais. Além disso, a gestão compartilhada é positiva quando se trata na utilização dos recursos humanos, financeiros e tecnológicos, como também para dar mais transparência na execução das ações. Ademais, os consórcios dão maior visibilidade e fortalecimento tanto para os municípios quanto para a região, o que pode ensejar a possibilidade de atração de mais investimentos por parte do governo e demais atores privados (Borba; Oliveira, 2020).

Apesar dessas vantagens, o consorciamento intermunicipal possui algumas fragilidades, gerando as seguintes sugestões (Duarte, 2023; Borba; Oliveira, 2020; César, 2017; Silva; Imbrosi; Nogueira, 2017):

- incentivo por ações transversais na grsu;
- maior envolvimento federal ou estadual no desenvolvimento de consórcios
- fortalecimento técnico e institucional nas três esferas de governo;
- implementação de instrumentos de cobrança pela prestação do serviço;
- direcionamento de recursos para desenvolvimento de planos de gestão integrada de resíduos sólidos.
- elaboração de estudos para selecionar o local das unidades de tratamento e aterros sanitários;
- inclusão de mecanismos de monitoramento e avaliação no processo como um todo;

- necessidade de reformulação do fomento, que deve visar à gestão administrativa dos consórcios públicos;
- redirecionamento do foco para melhoria da qualidade dos consórcios existentes ao invés de focar na quantidade de consórcios criados;
- redução de interferência política;
- falta de vivência prática das equipes de fomento à criação de consórcios.

Por fim, dada a experiência relativamente recente dos consórcios de resíduos no Brasil e a tendência do incremento da quantidade de consórcios, principalmente após a promulgação da PNRS e do Novo Marco do Saneamento (Brasil, 2010b; 2020), reitera-se essa demanda em dar suporte aos municípios para integrarem consórcios. Os estudos apontam para diversos benefícios para as administrações municipais, o que é bastante pertinente para o caso dos municípios mineiros. Além disso, há diversas maneiras de se contornar as dificuldades já identificadas, cabendo ao poder público em conjunto com o setor privado e sociedade civil, adotar medidas que, de fato, tragam algum retorno.

3.4. Dados de saneamento básico

Para garantir a regulamentação dos serviços públicos e o cumprimento das políticas, é necessário monitorar esses sistemas, acompanhando as metas, fiscalizando a qualidade do serviço prestado e por fim, zelar pela universalização (Cetrulo, *et al.*, 2018; Castro *et al.*, 2019). Para isso, a acessibilidade às informações reais e confiáveis do contexto de um dado município é indispensável. Os dados confiáveis são considerados como um meio para auxiliar a etapa de diagnóstico, planejamento das soluções de gestão de resíduos sólidos, assim como os tomadores de decisão e os responsáveis pelo planejamento e elaboração de políticas (Kumar; Singh; Banerjee, 2020; Das *et al.*, 2019).

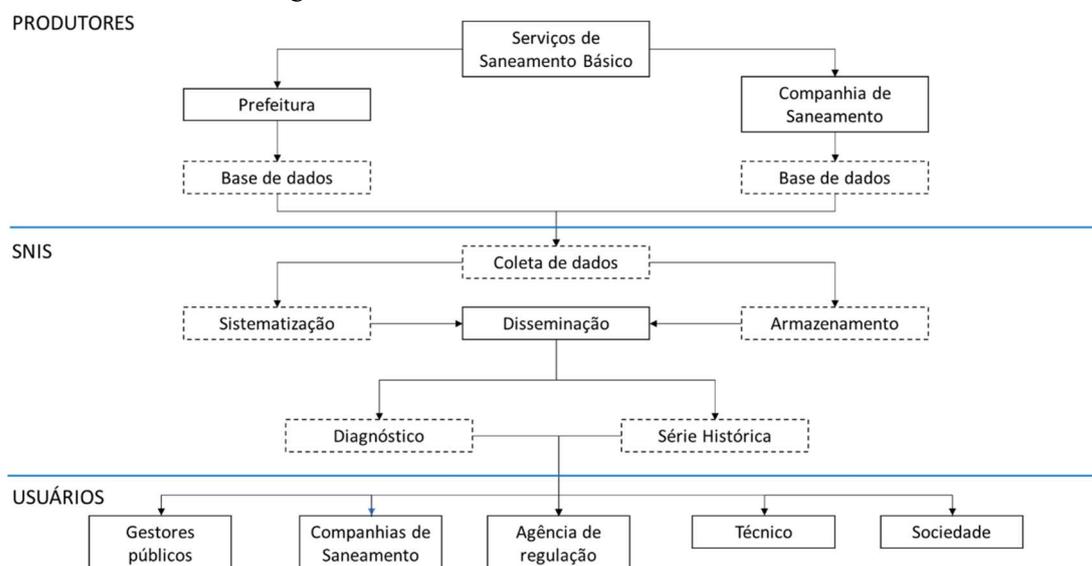
Porém, a disponibilidade de dados/indicadores confiáveis referentes ao manejo de resíduos e uma interpretação correta destas informações é indispensável. Isto afetará diretamente os processos de tomada de decisão e permitirá que os governos e operadores projetem e executem ações de formas mais eficientes e econômicas (Kaza *et al.*, 2018; Camolezi *et al.*, 2021). Além de dados confiáveis, um sistema de informações adequado se faz necessário, o que permite a troca de informações intra e intermunicipal (Kumar; Singh; Banerjee, 2020).

No Brasil, existem algumas bases de dados com informações sobre o setor de saneamento e, mesmo tratando do mesmo objeto, as bases diferem em alguns aspectos, tais

como a periodicidade de coleta, as fontes dos dados (diferentes órgãos são responsáveis pelas bases), e até a forma como os dados são coletados, seja pelo informante, seja pela abrangência ou abordagem (Soares *et al.*, 2018). Segundo Condurú *et al.* (2020), a falta de um sistema de informações para integrar as ações agrava a pulverização de responsabilidades no setor de saneamento no Brasil, que são exercidas por gestores de diversos órgãos e áreas do governo brasileiro, como os Ministérios do Desenvolvimento Regional, da Saúde, do Meio Ambiente, da Integração Nacional, do Turismo e da Defesa.

Dessa forma, é essencial realizar a gestão da informação referente ao saneamento básico, o que compreende identificar o fluxo das informações, desde a geração, sistematização e disseminação até o uso de informação. De acordo com Condurú *et al.* (2020), nesse fluxo existem os produtores dos dados (os prestadores dos serviços de saneamento, seja a prefeitura ou as companhias de saneamento), o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) (responsável pela coordenação da coleta, sistematização e armazenamento dos dados) e os usuários (gestores, agências de regulação e sociedade), conforme apresentado na Figura 8.

Figura 8: Ciclo informacional do saneamento básico.



Fonte: Adaptado de Condurú *et al.* (2020).

O SNIS é a base de dados mais abrangente e relevante sobre o setor de saneamento do Brasil, dispondo dados de caráter operacional, qualitativo e econômico-financeiro sobre a prestação dos serviços (Soares *et al.*, 2018). O SNIS foi criado em 1996 e consiste em um banco de dados administrado em nível federal, sendo seus objetivos: auxiliar no planejamento e execução de PPs, orientar a aplicação de recursos, diagnosticar e avaliar

o desempenho dos serviços de saneamento, aperfeiçoar a gestão, orientar as atividades de regulamentação e fiscalização e exercer o controle social (SNIS, 2022).

O SNIS é dividido em três componentes: Água e Esgotos (SNIS-AE), Resíduos Sólidos (SNIS-RS) e Águas Pluviais (SINIS-AP). Os municípios ou prestadores de serviços são convidados anualmente a fornecer informações, preenchendo um formulário digital e registrando os dados solicitados pela Secretaria Nacional de Saneamento (SNS) (Soares *et al.*, 2018). Apesar da participação ser voluntária e autodeclaratória, as Leis 11.445/2007, que estabelece a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), e 12.305/2010 (da PNRS) preveem que os municípios adimplentes com o cadastramento terão prioridade no acesso a recursos financeiros da união (Brasil, 2007; Brasil, 2010b).

Soares *et al.* (2018) consideram isto como uma das fragilidades do sistema, pois gera incertezas quanto à veracidade e precisão dos dados fornecidos, principalmente por não haver nenhum mecanismo de incentivo claro para o preenchimento do formulário da forma correta ou de auditoria e validação dos dados. Em contrapartida, Andrade *et al.* (2020) consideram que as principais fragilidades do SNIS são a participação insuficiente dos municípios e a necessidade de se desenvolver uma forma de validar os dados. Complementarmente, Costa (2015) levantou outras ineficiências na regulamentação do SNIS, como por exemplo:

- risco de manipulação de dados, considerando a autodeclaração e os incentivos tarifários;
- obtenção de dados imprecisos e duvidosos;
- defasagem de até dois anos entre a publicação dos dados e o ano referência;
- despadronização da divisão de custos e alocação de informações para os casos de sistemas de saneamento compartilhados.

Condurú *et al.* (2020) listam cinco problemas vitais do SNIS: a) falta de interação com outras áreas; b) demora na disseminação das informações; c) falta de detalhamento da informação; d) forma de coleta inadequada; e) organização ineficaz da informação. Os autores ainda discorrem sobre a inconsistência das informações, que podem ser causadas por falta de mensuração dos serviços prestados ou de documentos operacionais, recomendando (para o caso do SINISA - Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento Básico -, mas que cabe ao SNIS também)

a formação, composição e manutenção de quadros técnicos, na aquisição e manutenção de número suficiente de equipamentos, na disponibilidade de

recursos materiais e instalações físicas compatíveis com a demanda informacional. Vale ainda ressaltar que devem ser estabelecidos mecanismos legais que evitem impactos na rotina de registro dos dados, como mudanças nas equipes locais com a posse de novos gestores municipais (Condurú *et al.*, 2020, p. 143).

Outra limitação verificada é o nível de implementação dos sistemas locais de informações sobre os sistemas locais de saneamento básico é incipiente. Isso dificulta o atendimento ao objetivo de facilitar o intercâmbio de dados entre órgãos e entidades entre as diferentes esferas da federação (CGU, 2021) e também de disponibilizar aos usuários dados/elementos sobre os serviços, aumentando o potencial de controle social sobre eles. Isso fortalece a hipótese de que o sistema se encontra defasado em termos operacionais, além da muito provável disponibilidade de dados imprecisos e inconsistentes, salientando a necessidade de melhorias para seu funcionamento pleno. Segundo Soares *et al.* (2018), a identificação dos dados relevantes, o levantamento, validação, tratamento e avaliação dessas informações configuram um problema para a construção de bases de dados de qualidade. Portanto, torna-se importante identificar as falhas do sistema e seus motivos, a fim de aprimorar seu funcionamento e alcançar de forma eficaz o objetivo previsto da ferramenta na PNRS.

Inclusive, observa-se que os indicadores disponibilizados no sistema não são comparados com objetivos e metas pré-estabelecidos, como as metas do Plansab (Plano Nacional de Saneamento Básico) para 2023 e 2033. Caso houvesse essas metas relacionadas com as variáveis em destaque, seria mais simples a verificação da aproximação ou distanciamento dos indicadores calculados em determinado momento em relação a objetivos e metas futuros pré-estabelecidos (CGU, 2021). Consequentemente, isso pode dificultar às autoridades e aos usuários em construir cenários futuros sobre a evolução do setor de saneamento básico e da universalização dos serviços.

Para lidar com a qualidade dos dados cadastrados no SNIS, em 2018, o Ministério das Cidades e a Associação Brasileira de Agências de Regulação (ABAR) iniciaram o “Projeto Acertar”, que tem como objetivo aprimorar o SNIS por meio de auditoria e certificação dos dados relacionados à prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário (Soares *et al.*, 2018; Brasil, 2018b; Castro *et al.*, 2019). Apesar de não ser voltado ao campo de manejo de resíduos sólidos, o Projeto é considerado como um avanço e que pode ser extrapolado para as outras frentes de saneamento no futuro.

Castro *et al.* (2019) aplicaram a metodologia do projeto Acertar em quatro informações produzidas pela concessionária dos serviços de abastecimento de água e

esgotamento sanitário no Distrito Federal. Os resultados evidenciaram a fragilidade no processo de produção dos dados, mas auxiliaram o ente regulador no entendimento dos processos de coleta e processamento de informações do prestador de serviços. Portanto, os autores consideraram a ferramenta importante na redução dos efeitos da assimetria de informações na atividade regulatória e na confiabilidade do processo de avaliação de desempenho.

Segundo CGU (2021), os panoramas do projeto Acertar relatam que houve somente 18% dos Relatórios de Certificação publicados até 2020. Portanto, verifica-se que o nível de implementação da Metodologia ACERTAR para Auditoria e Certificação dos dados do SNIS tem evoluído em ritmo lento. Esta morosidade foi associada com a pandemia do Covid-19, enfrentada a partir do primeiro trimestre de 2020, e à série de restrições enfrentadas tanto para as auditorias em campo quanto orçamentárias.

Além disso, Costa (2015) discute outra forma de controlar o fornecimento dos dados por meio da elaboração de um Manual, cujas diretrizes serão voltadas para os processos de auditoria e certificação, com o objetivo de categorizar dados segundo a sua qualidade/assertividade. O autor conclui que um cenário onde os reguladores assumam a posição de auditores dos próprios dados, possivelmente, reduziria o lapso temporal existente da coleta de dados do SNIS, contribuindo também para a otimização do trabalho do Ministério das Cidades referente ao tratamento individualizado da inconsistência dos dados.

O Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) disponibiliza manuais com orientações para o correto preenchimento, glossário e outras informações importantes para o cadastramento (SNSA, 2023), pois é nítido que as gestões municipais ainda pecam no fornecimento dos dados corretos e de forma contínua. Porém, as orientações e definições disponíveis nestes documentos foram considerados como limitadas, pois grande parte do documento repete conceitos e definições estabelecidas em outros documentos oficiais, como resoluções da CONAMA e a própria PNRS, e por explicarem as variáveis e como preenchê-las da mesma forma como a própria descrição da informação/indicador. Por exemplo,

O município tem coleta seletiva implantada: refere-se à existência de coleta seletiva implantada no município em questão. As possíveis respostas para essa pergunta são “sim” (caso o município possua coleta seletiva implantada) e “não” (caso o município não possua coleta seletiva implantada) (SNSA, 2023, p. 14)

Somado a isso, foi considerado que partes da redação não consideraram o cenário em que os responsáveis pelo preenchimento não possuem a devida capacitação ou conhecimento técnico, dada a existência de cargos nomeados, sendo mais um dificultador na compreensão das informações e o que cadastrar. Assim, alguns termos e conceitos deveriam ser mais bem explicados para garantir que todos os usuários do sistema consigam manter um padrão de fornecimento dos dados. Como exemplo, menciona-se a seguinte orientação: “o usuário deverá demarcar a área do passivo ambiental no mapa disponibilizado. O usuário deverá clicar no mapa para demarcar os vértices do polígono formado pela área a ser cadastrada”. Porém, não há como garantir que todos saberão o que significa um passivo ambiental e nem como demarcar uma área no mapa.

De acordo com o relatório realizado pela Controladoria Geral da União (CGU, 2021), houve uma menor proporção na participação dos municípios das regiões Norte e Nordeste na coleta de dados com impacto nos Diagnósticos do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos e Manejo das Águas Pluviais. Uma possível causa levantada no relatório é “as desigualdades regionais e sociais, bem como as diferenças entre as áreas urbanas e rurais do País”.

Mesmo assim, o SNIS continua sendo considerado como uma fonte adequada para analisar os sistemas de saneamento dos municípios brasileiros e a efetividade das PPs (Soares *et al.*, 2018; Costa, 2015), pois tem capacidade de subsidiar o acompanhamento da ampliação dos serviços de saneamento, além de se basear em aspectos financeiros e operacionais e permitir a comparação do desempenho e da eficiência dos diversos sistemas, como o de limpeza pública e manejo de resíduos sólidos. Outra vantagem do SNIS é a praticidade de se poder acessar os relatórios gerados e os dados originais, sendo um sistema com acesso livre e gratuito, o que permite uma maior liberdade para a manipulação e tratamento dos dados (Condurú *et al.*, 2020). Por isso, o sistema é utilizado pelos responsáveis de cada município brasileiro para a disponibilização de dados e como fonte de informações para pesquisas e diagnósticos nas áreas de saneamento e meio ambiente.

O SNIS possui um conjunto de informações e indicadores para cada um dos componentes Água e Esgotos, Resíduos Sólidos Urbanos e Drenagem e Manejo de Água Pluviais. Esses indicadores são calculados pelo SNIS a partir das informações coletadas para cada componente. No total, o SNIS-RS disponibiliza 518 informações, as quais estão divididos em 14 grupos (SNIS, 2019).

Portanto, é nítido que o desenvolvimento de estudos englobando todas as informações e indicadores é complexo e, às vezes, inviável. Esta elevada quantidade também dificulta a interpretação das informações pelos próprios municípios, o que pode desestimular as gestões em coletar e cadastrar os dados de forma precisa para o monitoramento do sistema de GRS.

O SNIS pode não dialogar diretamente com a PNRS, porém fornece uma ampla base de dados e que para ser utilizada para especificamente análise da lei, necessitaria ser reestruturada. Segundo Maiello, Britto e Valle (2018), apenas quatro objetivos da PNRS foram identificados pelos inúmeros indicadores propostos pelo SNIS, sendo estes: universalização do serviço; disposição final ambientalmente adequada; reutilização e reciclagem; gestão integrada e sustentabilidade. Vale destacar que, conforme será apresentado na seção de resultados e discussão, existem mais objetivos da PNRS contemplados pelo SNIS se forem consideradas variáveis além dos indicadores.

Entretanto, mesmo que o SNIS seja o sistema mais completo referente à dados de saneamento no Brasil e a fonte de dados para este estudo de caso, deve-se mencionar que a Lei 11.445/2007 estabeleceu que o SINISA deverá substituir o SNIS, mas que ainda não está em vigor. Ou seja, todas essas fragilidades devem ser consideradas para que o novo sistema seja devidamente disseminado e utilizado. Segundo Condurú *et al.* (2020, p.142),

nesse contexto, o SINISA não deve ser apenas um melhoramento do sistema existente, o SNIS, mas sim servir para a evolução esperada de qualidade e transparência da informação do setor de saneamento básico do Brasil. (...) Contudo, isso requer a correção das atuais fragilidades do ciclo informacional, melhorando a periodicidade, a coleta e a organização detalhada da informação de cada componente.

Além disso, a PNRS também prevê a implementação do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR), sendo um dos Instrumentos previstos na referida Lei. A evolução de sua concepção envolverá o Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente (SINIMA) e o SINISA, sendo o atual SNIS coordenado pelo Ministério das Cidades. O SINIR compõe uma plataforma tecnológica para apoio à formulação de políticas públicas, composta de mapas, painéis e relatórios que sistematizam dados e disponibilizam estatísticas e indicadores referentes à gestão de resíduos sólidos no Brasil, com base em dados coletados pelos diferentes sistemas de informação (MMA, 2023b), sendo estes:

- Manifesto de transporte de resíduos (MTR): objetivo de rastrear e controlar a geração, transporte e destinação final dos resíduos sólidos;

- Inventário Nacional de Resíduos Sólidos: voltado para os resíduos gerados pelas indústrias;
- CTF-APP⁵ e RAPP⁶: tratando as informações de forma mais detalhada e utilizando a nova lista brasileira de resíduos (instituída pela IN IBAMA nº 13, de 18 de dezembro de 2012);
- IBGE: mapas, dados demográficos, econômicos e ambientais, sejam elas pesquisas censitárias, amostrais ou estimativas.

Por fim, apesar das diversas limitações apresentadas e da existência de outras fontes de dados, considera-se que o SNIS seja a fonte mais adequada para o desenvolvimento da pesquisa. Isso, porque o fácil acesso facilita a replicação de estudos de casos, permite a comparações de diferentes locais e instantes de tempo, além de ser a base mais abrangente em nível nacional sobre o saneamento.

3.5. Análise envoltória de dados (DEA)

Um dos principais desafios dos governos e das sociedades é a alocação eficiente dos recursos nos sistemas públicos, já que as melhorias dos serviços prestados dependem de uma gestão adequada. Considera-se como desempenho aceitável quando os objetivos estabelecidos nas políticas públicas são atendidos e as necessidades da população são supridas. Nesse contexto, o uso de métodos para apoiar os governos na tomada de decisão é fundamental para garantir uma boa gestão de sistemas complexos, como o de RSU.

Antes de detalhar a técnica Análise Envoltória de Dados (em inglês *Data Envelopment Analysis – DEA*), deve-se compreender o conceito de eficiência, que no caso mais simples, considera-se um processo ou unidade com uma única variável de entrada e uma de saída, sendo a eficiência definida pela simples razão delas (saída/entrada). Porém, normalmente os processos e unidades organizacionais possuem diversas variáveis, ou seja, a medida da eficiência passa a ser uma relação ponderada das saídas e das entradas, conforme a Equação 1 (Boussofiane, Dyson e Thanassoulis, 1991).

$$Eficiência = \frac{\text{Conjunto das saídas}}{\text{Conjunto das entradas}} \quad (1)$$

⁵ Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras

⁶ Relatório Anual de Atividades Potencialmente Poluidoras e Utilizadoras de Recursos Ambientais

Segundo Mello *et al.* (2005 *apud* Vieira, 2019), a definição de eficiência está relacionada aos conceitos de eficácia e produtividade. A eficácia corresponde ao cumprimento de determinado objetivo em relação à produção, não considerando os recursos utilizados. Já a produtividade, representa a razão entre o que foi produzido (saída) com o que foi utilizado (entradas). Por último, a eficiência realiza a comparação com o que foi produzido (saídas), dados os recursos disponíveis (entradas), com o que poderia ser produzido (saídas) com a mesma quantidade de recursos (entradas).

Assim, com o intuito de analisar as eficiências, a técnica *DEA* analisa individualmente cada unidade produtiva, medindo sua eficiência em relação a todo o conjunto que está sendo avaliado, considerando que as unidades realizam as mesmas tarefas e se diferem pelas quantidades de entradas consumidas e saídas produzidas (Encinas, 2019). A *DEA* é uma técnica não paramétrica e determinística, onde as unidades são consideradas como eficientes quando os seus índices de desempenho relativo são maiores ou iguais do que as demais unidades, se encontram na fronteira (Araújo, 2017).

A *DEA* foi proposta por Charnes, Cooper e Rhodes (1978), para medir a eficiência relativa⁷ de uma Unidade Tomadora de Decisão (em inglês *Decision Making Units - DMU*). A *DMU* é definida por Cooper, Seiford e Zhu (2011) como qualquer entidade a ser avaliada em termos da sua capacidade de converter insumos em produtos, ou converter entradas em saídas. A definição dada inicialmente para *DEA* foi “modelo de programação matemática aplicado a dados observacionais [que] fornece uma nova maneira de obter estimativas empíricas de relações - como as funções de produção e/ou superfícies de possibilidades de produção eficientes” (Charnes; Cooper; Rhodes, 1978).

Há dois modelos clássicos de *DEA*, o primeiro deles é chamado de CCR, em homenagem aos autores que o desenvolveram (Charnes, Cooper e Rhodes), ou também conhecido como modelo de retornos constantes de escala, do inglês *Constant Returns to Scale* (CRS) (Bezerra; Sonza; Ribeiro, 2021). O objetivo do modelo CCR é escolher o conjunto de pesos implícitos que maximizem o índice de eficiência da *DMU* *k*. Dessa forma, nenhuma outra *DMU* será mais de 100% eficiente com esse mesmo conjunto de pesos (Vieira, 2019).

⁷ Uma *DMU* será 100% eficiente com base nas evidências disponíveis se, e somente se, a performance de outra *DMU* não mostrar que determinadas variáveis não podem ser melhoradas sem piorar as outras (Cooper; Seiford; Zhu, 2011, p. 3).

Neste caso, assume-se que não há uma relação significativa entre as escalas de operação e eficiência, ou seja, *DMUs* com dimensões maiores são tão eficientes quantos as *DMUs* de dimensões menores. Ou seja, entende-se que o tamanho das *DMUs* não impacta sua eficiência e não influencia a produtividade de seus insumos. Esse modelo é adequado quando todas as Unidades estão operando numa escala ótima. Todavia, em muitos casos isso não acontece, seja por causa de competição imperfeita, regulação governamental ou restrições financeiras (Encinas, 2019).

O segundo modelo, chamado de BCC em homenagem aos seus criadores (Banker; Charnes; Cooper, 1984), é também conhecido como modelo de retornos variáveis de escala (Bezerra; Sonza; Ribeiro, 2021). Esse modelo foi proposto como uma forma de separar as eficiências técnicas e de escala sem alterar as condições para utilização da abordagem *DEA*. Neste modelo, admite-se uma restrição adicional de que a soma dos pesos atribuídos a cada variável é igual à unidade, ou seja, não é possível expandir ou contrair as ações de forma ilimitada. Ou seja, significa que quando há um aumento das entradas espera-se que resulte aumento desproporcional nas saídas (Cooper; Seiford; Zhu., 2011).

Os níveis de eficiência calculados pelos modelos CCR e BCC podem ser analisados considerando as seguintes características: (i) Modelo CCR: apresenta a eficiência técnica geral, denominada de eficiência produtiva; (ii) Modelo BCC: apresenta a eficiência técnica pura, pois está livre dos efeitos de escala de produção (Marques; Simões, 2009). Além dos dois modelos, deve ser destacada a restrição dos pesos das entradas e saídas, permitindo considerar as duas orientações (Zhou *et al.*, 2017; Bittelbrunn *et al.*, 2016):

- orientado para as entradas: reduzir o consumo de insumos, mantendo o nível de produção;
- orientado para as saídas: aumentar a produção, dados os níveis de insumos constantes.

A escolha da orientação é tão importante quanto a seleção do modelo, pois os resultados observados serão diferentes e poderão comprometer a tomada de decisão por parte dos gestores responsáveis. A definição de qual objetivo da função é apresentada como a orientação do modelo: orientado a minimizar as entradas, ou maximizar as saídas. Se o objetivo for manter as saídas constantes e verificar o melhor aproveitamento dos insumos utilizados no processo, o modelo deve ser orientado à entrada. Porém, caso o

objetivo seja manter os consumos dos recursos constantes e maximizar as saídas, o modelo deve ser orientado à saída.

Segundo Encinas (2019, p. 67), “Alguns estudos apontam o *score* nos modelos orientados aos produtos como sendo o valor a ser alcançado com o aumento da produção (...). Neste caso, quanto maior o *score* pior, e ele varia entre 1,00 e o infinito, com as *DMUs* eficientes recebendo o *score* de 1,00”. Esse comportamento dos escores não é observado quando se aplica a *DEA* orientado para entrada. Isso reforça o que foi discutido anteriormente, sobre a importância da seleção do modelo e orientação. Assim, as formulações matemáticas destas quatro variações estão dispostas no Quadro 2.

Quadro 2: Formulação matemática das quatro principais variações da *DEA*.

Modelo	Orientação	Formulação matemática	Sujeito a
CCR	Entrada	$Max\ Eff_k = \sum_{r=1}^m u_r y_{rk}$ (Equação 1)	$\sum_{i=1}^n v_i x_{ik} = 1$ $\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \leq 0, \forall j$ $u_r, v_i \geq 0; \forall r, i$
CCR	Saída	$Min\ Eff_k = \sum_{i=1}^n v_i x_{ik}$ (Equação 2)	$\sum_{i=1}^n u_i y_{ik} = 1$ $\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} \leq 0, \forall j$ $u_r, v_i \geq 0; \forall r, i$
BCC	Entrada	$Max\ Eff_k = \sum_{r=1}^m u_r y_{rk} + u_k$ (Equação 3)	$\sum_{i=1}^n v_i x_{ik} = 1$ $\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} - u_k \leq 0, \forall j$ $u_r, v_i \geq 0; \forall r, i$
BCC	Saída	$Min\ Eff_k = \sum_{r=1}^m v_r x_{rk} + v_k$ (Equação 4)	$\sum_{i=1}^m u_i x_{ik} = 1$ $\sum_{r=1}^m u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^n v_i x_{ij} - v_k \leq 0, \forall j$ $u_r, v_i \geq 0; \forall r, i$

Fonte: Cooper, Seiford e Zhu (2011).

Dado que:

Eff_k – Eficiência da k -ésima *DMU*;

y_{rk} - r -ésima saída da *DMU* k , $k = 1, 2, 3, \dots, N$;

x_{ik} - i -ésima entrada da *DMU* k ;

u_r – Multiplicador da saída r , $r = 1, \dots, m$;

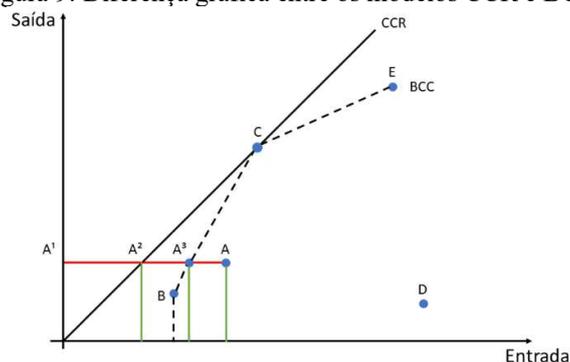
v_i – Multiplicador da entrada i , $i = 1, \dots, n$;

Para Encinas (2019), a *DEA* consiste em resolver problemas de otimização, sendo aqueles que buscam identificar a alternativa de menor custo, encontrar o melhor caminho, propor a melhor forma de alocar a mão-de-obra disponível, entre outros. Para tal, a ferramenta calcula a eficiência a partir de uma razão entre saídas e entradas, conforme apresentado no Quadro 2, que normalmente possuem diferentes unidades de medidas, permitindo o agrupamento dessas em um coeficiente através da atribuição de pesos (indicados pelas letras u e v nas Equações). O que a ferramenta faz é encontrar os pesos que maximizem (ou minimizem, o que vai depender da orientação) a razão entre as saídas e as entradas. Porém, ela não define os mesmos pesos para todas as *DMUs*, ela encontra os pesos que maximizam/minimizem a razão para cada uma delas individualmente. Uma vez que o objetivo desta pesquisa não é voltado para aperfeiçoamento ou análise da técnica *DEA*, a modelagem matemática não será discutida de forma detalhada.

Por fim, a eficiência das unidades é uma medida que varia entre zero e um, sendo denominada de escore (*score*), tendo como referência as unidades situadas na fronteira. Consequentemente, qualquer unidade que apresentar um resultado menor do que 1 será considerada ineficiente, que para o cálculo da eficiência dessas *DMUs*, a *DEA* cria uma projeção de cada unidade ineficiente sobre a fronteira, a partir da redução proporcional nos insumos ou a um aumento proporcional nos produtos. Essa projeção é chamada de “alvo” (*target*) e as *DMUs* sobre a fronteira escolhidas para comparação são chamadas de “pares” (*peers*) (Zhou *et al.*, 2017; Cook; Tone; Zhu, 2014; Bezerra; Sonza; Ribeiro, 2021; Encinas, 2019).

Além do alvo e dos pares, a ferramenta também calcula as “folgas” (*slacks*) e os *lambdas* para cada variável e unidade. As folgas representam a melhoria adicional (aumento de saídas ou diminuição de insumos) necessária para uma *DMU* se tornar eficiente, baseando-se no alvo e nos pares. Enquanto que o *lambda* representa as unidades referência para as organizações que não têm um desempenho eficiente (Cooper; Seiford; Zhu, 2011). A Figura 9 ilustra a eficiência estimada pelos dois modelos, considerando um caso simplificado de fronteira bidimensional (1 entrada e 1 saída).

Figura 9: Diferença gráfica entre os modelos CCR e BCC.



Fonte: Adaptado de Banker, Charnes e Cooper (1984).

Nesta ilustração, observa-se a existência de 5 *DMUs*, das quais uma (unidade ‘C’) é classificada com eficiente para o modelo CCR (fronteira indicada pela linha contínua), enquanto o que modelo BCC (fronteira indicada pela linha tracejada) considera três unidades eficientes (‘B’, ‘C’ e ‘E’). Tanto a unidade ‘A’ quanto a ‘D’ foi considerada como ineficiente neste exemplo hipotético.

Ao observar a *DMU* A, sua eficiência geral (CCR) é medida através da razão entre A^1A^2 e A^1A , refletindo a produtividade média atingível na melhor escala de produção (representada pela reta que corta a unidade C). A eficiência técnica pura (BCC) é medida comparando A com A^3 que está localizada sobre a fronteira eficiente de produção BCC (pela razão entre A^1A^3 e A^1A). A eficiência de escala é a razão entre A^1A^2 e A^1A^3 , ou seja, a partir da curva BCC, que conecta os pontos B, C e E, representa a fronteira de produção que permite calcular a eficiência técnica pura de todas as *DMUs* do estudo, sendo as unidades situadas nas fronteiras aquelas consideradas como as unidades eficientes (Vieira, 2019; Encinas, 2019). Porém, destaca-se que os resultados variam de acordo com as informações utilizadas como entradas e saídas do modelo (Cook; Tone; Zhu, 2014), demandando por um planejamento do teste para obter resultados adequados.

Observa-se que o índice de eficiência obtido por meio do modelo BCC será menor ou igual gerado pelo CCR, tendo em vista a fronteira de produção para o CCR ser menos restritiva, pois este não considera a variação de escala resultando em uma reta que parte da origem e forma um ângulo de 45° (Bezerra; Sonza; Ribeiro, 2021). De acordo com Encinas (2019), o BCC pode ser interpretado como reflexo das habilidades gerenciais se assumir que a eficiência seja resultado de habilidades gerenciais e efeitos de escala. Se a unidade apresentar retornos decrescentes à escala, então é muito grande em tamanho e deve-se diminuir a escala. Por outro lado, unidades com retornos crescentes à escala são muito pequenas e devem ser expandidas. Essa variação dos retornos em escala não é

aplicável para o caso do modelo CCR, uma vez que o mesmo considera o retorno constante.

Ao comparar os resultados das eficiências calculadas entre os dois modelos, reiterando que deve-se calcular o inverso dos escores estimados quando adotado a orientação para saída (pois os escores iniciais variam de 1 a infinito), é possível identificar se a ineficiência de determinada *DMU* está sendo causada pela operação ineficiente da própria unidade ou por condições desvantajosas ao qual ela está operando. Se uma unidade for eficiente para ambos os modelos, como a unidade “C” da Figura 9, então está operando na escala de produção mais eficiente.

Esta decomposição da eficiência geral pode apontar para meios mais específicos de como melhorar a eficiência das unidades, como alterar a escala de operação ou misturar os recursos utilizados no caso da eficiência em escala ou alocativa for baixa (Encinas, 2019). Segundo Cooper, Seiford e Zhu (2011), a eficiência em escala abrange o critério, tamanho das operações, sendo considerada um dos desdobramentos da eficiência técnica total, assim como a eficiência técnica pura.

Apesar de a ferramenta ter como vantagem a incorporação de múltiplas variáveis e de ser uma técnica não paramétrica, diversos autores apontam como limitação a sua baixa capacidade de ordenar as *DMUs*. Quanto maior o número de variáveis em relação ao número de *DMUs*, menor será a capacidade de ordenação pelas eficiências, já que há a tendência de muitas *DMUs* ficarem na fronteira (máxima eficiência). Portanto, a seleção das variáveis é uma etapa crucial para que a ferramenta seja devidamente utilizada.

Com o passar do tempo, a técnica foi sendo aprimorada e modificada e aplicada em diferentes contextos, como os estudos voltados para a indústria de manufatura, energia, transporte, problemas de logística e agricultura (Zhou *et al.*, 2017). Inclusive, observam-se na literatura diversos estudos da área de meio ambiente, saneamento e resíduos sólidos que utilizam esta técnica, tais como Castro (2003), que em sua dissertação verificou a aplicabilidade da metodologia *DEA* para o setor de saneamento, mais especificamente em 71 empresas prestadoras de serviços de água e esgoto listadas no SNIS. Os resultados apontaram que 27 empresas foram eficientes, com eficiência média no setor de 76,10%. Além disso, o autor considerou que a aplicação da técnica *DEA* serviu para levantar pontos de melhorias nas empresas e concluiu que o uso da técnica para a área de saneamento no Brasil é viável.

Outro estudo que merece destaque foi desenvolvido por Carmo (2003), que aplicou os dois modelos de *DEA* (CCR e BCC) para analisar a eficiência das Companhias de Saneamento Brasileiras (CESBs), optando pela orientação para as entradas. A justificativa se baseou na obrigatoriedade pela prestação do serviço, isto é, a orientação escolhida foi considerada como mais adequada porque as companhias precisavam ser mais eficientes apenas fornecendo um determinado nível de saída, a partir do uso de uma menor quantidade de entradas. Os resultados obtidos apontaram para 15 empresas eficientes; ou seja, 56,69% do total, considerando o modelo CCR. Por outro lado, os resultados do modelo BCC indicaram 21 empresas eficientes; ou seja, 80,77% do total. Este resultado ressalta que a escolha do modelo implica em uma grande diferença nos resultados e que, por isso, a escolha do modelo aplicado deve ser justificada.

Na área de resíduos sólidos, observou-se que a técnica foi menos empregada se comparada com a quantidade de estudos na área de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Dentre os estudos identificados, apenas quatro foram realizados no contexto brasileiro (Arruda *et al.*, 2013; Araújo, 2017; Kumegawa; Vasconcelos; Silva, 2016; Vieira, 2019), apesar de ser considerado que o uso da ferramenta pode trazer muitos benefícios para decisões regulatórias voltadas para a reorganização de sistemas de gestão de RSU (Sarra; Mazzocchitti; Rapposelli, 2017).

Arruda *et al.* (2013) analisaram a eficiência do serviço de coleta e processamento dos resíduos sólidos utilizando os dados do SNIS para o ano de 2008. A seleção das variáveis foi através do método “*stepwise* exaustivo”, resultando em 4 variáveis no total. As entradas foram totais de funcionários contratados e total de equipamentos disponibilizados; e as saídas foram o total de resíduos sólidos coletados e o total de resíduos sólidos processados. Porém, não está claro qual foi o modelo e a orientação utilizada para a análise da eficiência, o que prejudica a reprodutibilidade e comparações.

Araújo (2017) também teve como objeto de estudo a prestação dos serviços de coleta dos RSU, porém limitado aos municípios paraibanos. Apesar da autora pontuar a importância da seleção adequada das variáveis, ela não explicita como foi feita a escolha para o seu estudo de caso. Os indicadores foram extraídos no SNIS, para o ano de 2014, considerando como entradas do modelo: despesa *per capita* com manejo de RSU em relação à população urbana; taxa de empregados na coleta em relação à população urbana; e custo unitário médio do serviço de coleta. E, como saída, a autora considerou um único indicador, sendo a massa coletada *per capita* em relação à população urbana. A autora

utilizou ambos os modelos para a sua análise, porém não foi identificado para qual orientação.

Já Kumegawa, Vasconcelos e Silva (2017) analisaram a eficiência do consórcio intermunicipal de RSU de Curitiba, na GRS dos municípios consorciados, através da aplicação do modelo BCC com orientação voltada para as entradas, buscando minimizar os recursos e manter constante os produtos. As variáveis de entrada adotadas foram: despesa total com serviço de varrição *per capita*; despesa total com serviços de manejo de RSU; quantidade de veículos *per capita*; e quantidade de trabalhadores *per capita*. As variáveis de saída foram: quantidade de resíduos coletados pelos agentes da coleta seletiva *per capita*; e quantidade total de materiais recicláveis recuperados *per capita*. Assim como no estudo de Araújo (2017), o critério de seleção destas variáveis não ficou claro no texto.

No caso do estudo realizado por Vieira (2019), o objetivo foi analisar a eficiência do gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil entre 2013 e 2016. A autora considerou as unidades federativas como *DMUs* do seu estudo e dividiu sua análise em três processos, sendo eles a coleta dos RSU, a limpeza pública e a disposição final. O critério de seleção das entradas e saídas do modelo foi baseado em outros estudos e a seleção do modelo e orientação aplicada foram bem justificadas e explicadas.

O modelo escolhido foi o BCC, pois baseando-se nas variáveis escolhidas para a análise estas estão correlacionados com a eficiência técnica dos processos, isto é, referem-se à relação entre as entradas físicas (número de caminhões de lixo ou número de trabalhadores) com as saídas. Neste caso, o modelo não considera as ineficiências de escala e por isso seria o mais indicado. Além disso, ela pontua que o BCC é preferível quando o objetivo é encontrar as ineficiências no nível gerencial de uma atividade ou processo, se enquadrando no escopo da pesquisa. Em relação à orientação, a autora considerou como mais adequada aquela voltada para as saídas, pois através dos resultados pode-se compreender como os estados têm utilizado os recursos providos pelo poder público na prestação dos serviços de coleta, limpeza pública e disposição final dos resíduos.

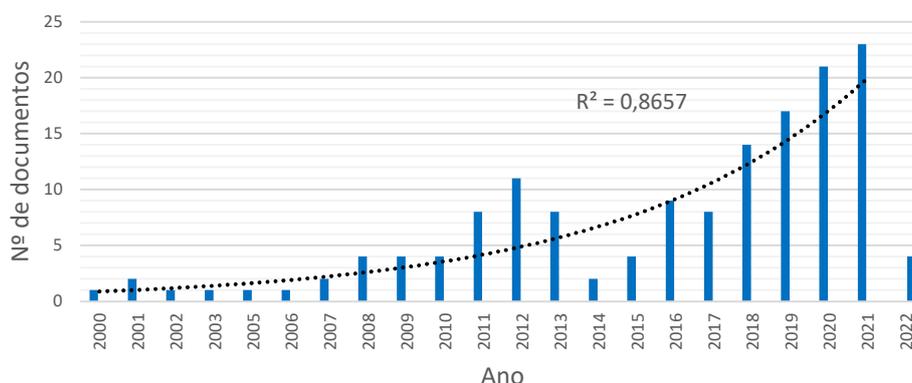
Dentre os trabalhos apresentados, os objetos de estudos foram o sistema de coleta de resíduos e a gestão/gerenciamento dos resíduos sólidos. Em todos os estudos, os dados dos modelos foram obtidos no SNIS, tendo como diferença a abrangência do estudo (quantidade de municípios e a área do escopo dos trabalhos) e o intervalo de tempo

analisado. Em relação às escolhas das variáveis, modelo e orientação, predominou a falta de informações sobre isso, sendo considerada como uma fragilidade dos trabalhos porque dificulta a compreensão completa do método empregado, assim como dos resultados e conclusões obtidas.

A seguir, serão apresentados os resultados obtidos na análise bibliométrica realizada durante este doutoramento e publicados em periódico (Kim; França; Barros, 2023). Internacionalmente, o uso desta ferramenta para a análise da eficiência de temas relacionados a resíduos sólidos está mais avançado do que no Brasil. Após uma análise bibliométrica realizada a partir de uma busca na base de dados do *Scopus*⁸, constatou-se que pesquisas nesta área se iniciaram no século XXI. A busca no banco de dados retornou um total de 150 artigos publicados (periódicos e conferências), os quais foram aumentando ao longo do tempo. As publicações tiveram uma taxa de crescimento de 6,82% ao ano no período entre 2000 e 2022, sendo este aumento mais acentuado após o ano de 2018, conforme apresentado na Figura 10.

A curva de tendência foi plotada desconsiderando o ano de 2022, pois, como a busca foi realizada no início do ano, a quantidade de publicações não está proporcional aos outros anos. Assim, este dado poderia comprometer na equação da reta. Observa-se que o valor de R^2 não é totalmente satisfatório, pois o valor é menor do que 0,9, sendo relacionado à pequena quantidade de publicações nos anos 2014 e 2015. Apesar disso, a tendência sugere um aumento de publicações com o decorrer dos anos de forma exponencial, sendo previsto para 2027 em torno de 45 artigos.

Figura 10: Número de artigos publicados por ano, segundo o Scopus, e equação da linha de tendência.

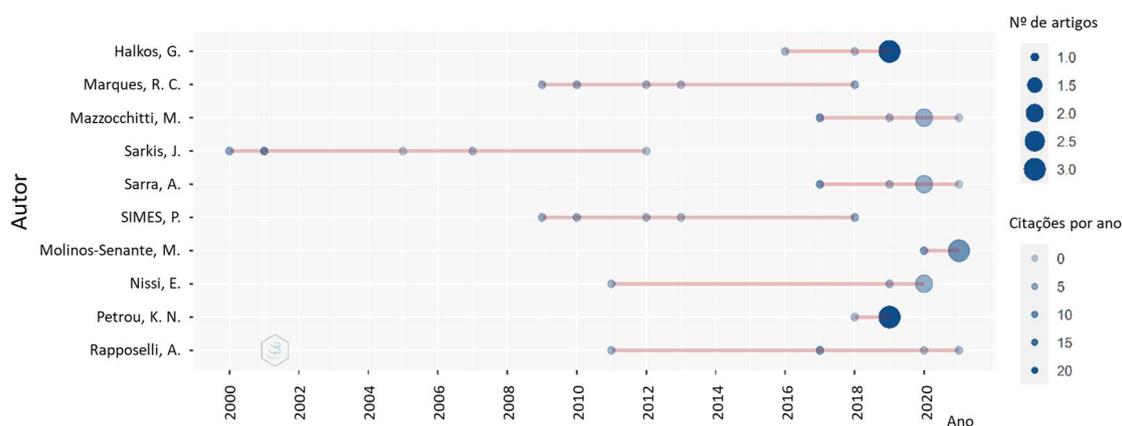


Fonte: Kim, França Barros (2023).

⁸ utilizando os seguintes descritores “data envelopment analysis AND waste management OR solid waste”.

A Figura 11, apresenta a lista dos 10 autores mais relevantes da amostra analisada, com suas respectivas produções ao longo do tempo. Com exceção de Sarkis, os demais autores mais relevantes passaram a publicar artigos relacionados ao tema após 2009, sendo a grande maioria após 2010. Isto fortalece a hipótese de que o tema em análise é recente, relevante e com potencial para futuras pesquisas.

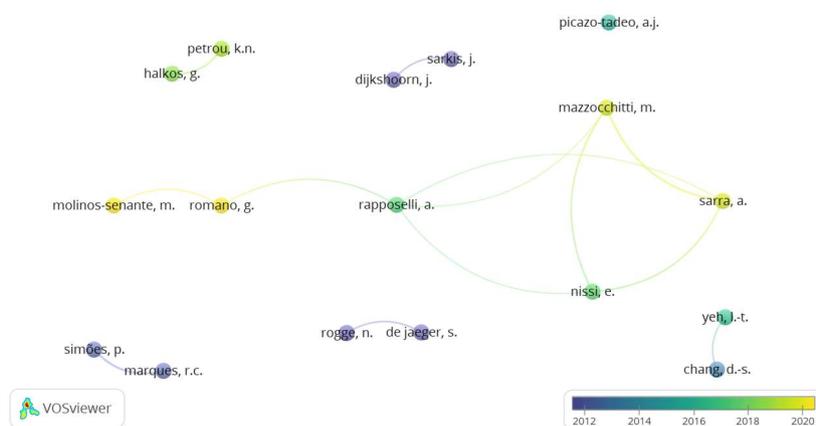
Figura 11: Lista dos dez autores mais relevantes segundo a quantidade de artigos publicados e citações por ano dos dez autores mais relevantes.



Fonte: Kim, França Barros (2023).

Os quatro autores mais relevantes publicaram quatro artigos cada, sendo que Marques é aquele com o maior índice H. Isto indica que ele foi um pesquisador de destaque o qual aplicou a ferramenta *DEA* em gestão de resíduos sólidos. Vale ressaltar a autora Romano, apesar de ela não constar na lista dos dez autores mais relevantes ela teve o maior número de citações, nos últimos dois anos, esta autora publicou quatro artigos, os quais foram citados 48 vezes no total. Assim, constata-se que o tema estudado por Romano tem ganhado atenção de demais pesquisadores, sendo estes temas voltados para conceitos mais recentes, como ecoeficiência e economia circular.

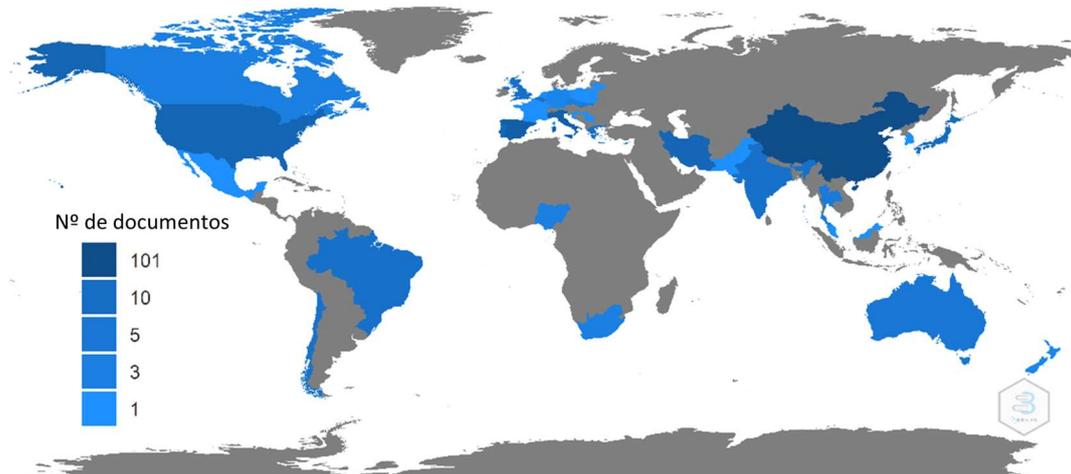
Figura 12: Rede de coautoria entre os autores com pelo menos 3 publicações.



Fonte: Kim, França Barros (2023).

Porém, ao analisar a rede de coautoria (Figura 12) e mapa da produção científica (Figura 13) é nítido que este campo de pesquisa ainda está concentrado em alguns autores e regiões do mundo, evidenciando a necessidade de mais pesquisadores atuando nesta área, e de preferência, em uma rede de cooperação interinstitucional.

Figura 13: Mapa mundial da produção científica de artigos que aplicaram *DEA*.



Fonte: Kim, França Barros (2023).

Além disso, dentre os 150 trabalhos analisados, os 10 mais citados estão dispostos no Quadro 3, apresentados na ordem decrescente de relevância, os quais serão detalhados posteriormente. Os grupos formados para fins de discussão dos conteúdos dos trabalhos foram:

1. Trabalhos voltados para a modelagem e análise da ferramenta;
2. Trabalhos cuja aplicação da *DEA* foi voltada para temas fora do desejado (gestão e manejo de resíduos sólidos);
3. Trabalhos com o objetivo de avaliar a eficiência da gestão de resíduos sólidos através da ferramenta *DEA*.

O grupo 1, composto por quatro trabalhos, apresentou pesquisas dedicadas ao aprimoramento de modelos *DEA* para tomada de decisão (Sarkis, 2000), à análise de insumos para melhoria de desempenho produtivo (Seiford; Zhu, 2002), e à avaliação da eficiência de processos e custos (Rogge; Jaeger, 2012; Rogge; Jaeger, 2013).

Ressalta-se que todos os autores aplicaram seu método a dados secundários e já analisados anteriormente por outros pesquisadores. Sarkis (2000) comparou modelos gerados por meio da *DEA* com modelos gerados a partir de Métodos de Apoio à Decisão Multicritérios (MADM), demonstrando que a principal vantagem dos modelos *DEA* é a necessidade de empregar um menor número de informações dos tomadores de decisão para ordenar as alternativas de localização.

Quadro 3: Lista dos dez trabalhos mais citados em ordem decrescente de relevância e separados por grupos para posterior discussão.

Autor(es)	Título	Ano de publicação	Total de citações	Grupo
SEIFORD, L. M.; ZHU J.	Modeling undesirable factors in efficiency evaluation	2002	938	1
SARKIS, J.; CORDEIRO, J. J.	An empirical evaluation of environmental efficiencies and firm performance: pollution prevention versus end-of-pipe practice	2001	224	2
SARKIS, J.; CORDEIRO, J. J.	Comparative analysis of DEA as a discrete alternative multiple criteria decision tool	2000	132	1
WORTHINGTON, A. C.; DOLLERY, B.E.	Measuring efficiency in local government: an analysis of new south wales municipalities' domestic waste management function	2001	89	3
HERNANDEZ-SANCHO, F.; SALA-GARRIDO, R.	Technical efficiency and cost analysis in wastewater treatment processes: a DEA approach	2009	83	2
ROGGE, N.; DE JAEGER, S.	Evaluating the efficiency of municipalities in collecting and processing municipal solid waste: a shared input DEA-model	2012	74	1
ROGGE, N.; DE JAEGER, S.	Measuring and explaining the cost efficiency of municipal solid waste collection and processing services	2013	73	1
SIMÕES, P.; DE WITTE, K.; MARQUES, R. C.	Regulatory structures and operational environment in the portuguese waste sector	2010	64	3
HALKOS, G.; PETROU, K. N.	Assessing 28 EU member states' environmental efficiency in national waste generation with DEA	2019	62	3
MARQUES, R. C.; SIMÕES, P.	Incentive regulation and performance measurement of the portuguese solid waste management services	2009	61	3

Fonte: Autora (2024).

Seiford e Zhu (2002) aplicaram seu método em fábricas de papel, de maneira a aprimorar o modelo tradicional denominado BCC, desenvolvido por Banker, Charnes e Cooper (1984), propuseram como melhoria do desempenho produtivo de papel aumentar as saídas desejáveis/boas (produção do papel) e reduzir as indesejáveis/ruins (ex: poluentes atmosféricos). Para isso, equalizaram as entradas e saídas por meio de um modelo *DEA* que possibilitou o cumprimento do objetivo proposto.

Os trabalhos de Rogge e Jaeger (2012) e Rogge e Jaeger (2013) utilizaram os mesmos dados de entrada para análise da eficiência de municípios com relação aos custos para coleta e processamento de resíduos sólidos municipais da região de Flandres (Bélgica) em 2008. No primeiro trabalho, usando o custo como entrada, os autores desenvolveram um modelo *DEA* com entrada compartilhada para analisar a eficiência da coleta e tratamento de diferentes frações de resíduos sólidos municipais da região, enquanto que, no segundo, Rogge e Jaeger (2013), usando novamente o mesmo dado de entrada e de posse do modelo *DEA* anterior, demonstraram sua robustez de aplicação diante

do emprego de novos dados de saída, tais como características geográficas, demográficas e econômicas de cada município. Assim, ambos os trabalhos revelaram que os municípios de Flandres são, em geral, bastante ineficientes em serviços de coleta e processamento de suas diferentes parcelas de resíduos sólidos.

O grupo 2 compreendeu os trabalhos de Sarkis e Cordeiro (2001) e de Hernández-Sancho e Sala-Garrido (2009). No primeiro os autores compararam o desempenho financeiro de curto prazo entre a prevenção da poluição e a aplicação de soluções “*end-of-pipe*” por 482 empresas norte-americanas em 1992. Já Hernández-Sancho e Sala-Garrido (2009) aplicaram a *DEA* para analisar a eficiência de 338 estações de tratamento de esgoto de Valência (Espanha).

Sarkis e Cordeiro (2001) empregaram dois modelos, um para a estratégia de prevenção e outro para a “*end-of-pipe*”, demonstrando sua relação negativa com o retorno sobre as vendas das empresas, sendo esse maior e mais significativo para aquelas que adotaram a prevenção da poluição. No entanto, eles ressaltam que os resultados não indicam necessariamente que as empresas ambientalmente proativas perdem dinheiro em longo prazo, pois seu trabalho focou apenas na avaliação de curto prazo.

Eles demonstraram que, quanto menor o porte das estações, menor sua eficiência operacional (portanto, há um ganho de escala), salientando que os custos com manutenção e tratamento do lodo de esgoto são os fatores que mais influenciam a eficiência. Além disso, ratificam a utilidade e relevância da *DEA* como uma ferramenta para o estudo do setor de esgotamento sanitário.

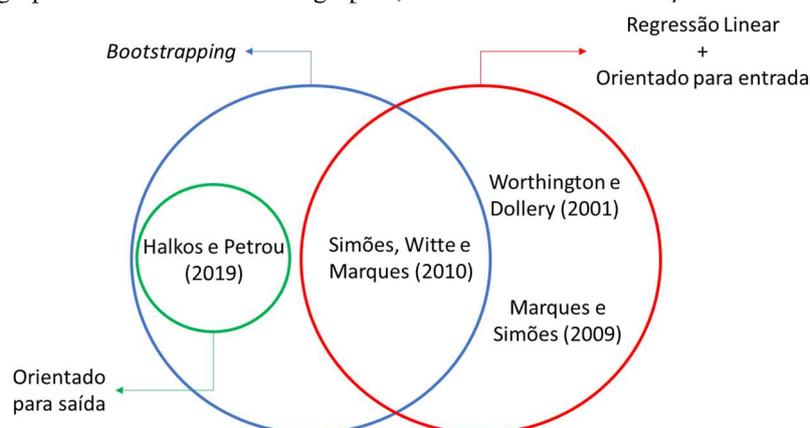
Por fim, o grupo 3 permite afirmar que o uso da ferramenta para avaliar a eficiência das gestões de resíduos sólidos ainda é relativamente recente, constatando-se trabalhos de 2001, 2009, 2010 e 2019. Além disso, a maioria dos autores aplicou a ferramenta com orientação para entrada, pois argumentam que os governos locais possuem mais controle nas variáveis de entrada, sendo estas relacionadas a fatores econômicos e financeiros (Worthington; Dollery, 2001), além de serem obrigados a prestarem o serviço para a população, existindo uma política de minimização da demanda do serviço, no caso de Portugal (Simões; Witte; Marques, 2010; Marques; Simões, 2009). Assim, observou-se uma certa homogeneidade quanto à orientação adotada para aplicação da técnica.

No entanto, apenas Halkos e Petrou (2019) aplicaram a ferramenta com orientação para saída, não tendo, porém, apresentado a justificativa para tal escolha metodológica. O estudo de caso tinha como objetivo analisar a eficiência da gestão de resíduos sólidos

de 28 países membros da União Europeia, contrastando este resultado com a taxa de reciclagem e considerando opções de tratamento em busca pela transição para a economia circular. Dessa forma, considerou-se que a aplicação da técnica orientada para a saída como inadequada, pois este modelo tem a finalidade de maximizar as saídas dispensando o aumento das entradas, sendo as variáveis de saída adotadas: PIB, geração de resíduos em toneladas e emissões atmosféricas (NO_x, SO_x e GEE). Ou seja, do ponto de vista ambiental e seguindo as premissas da economia circular, conforme proposto no próprio artigo, aumentar a massa gerada de resíduos e de emissões não é coerente.

Os fatores comuns entre os quatro trabalhos são o uso de dados secundários e análises além dos resultados gerados pela *DEA*, com o intuito de aprofundar a discussão e melhorar a qualidade dos resultados. Por exemplo, Simões, Witte e Marques (2010) e Halkos e Petrou (2019) aplicaram a técnica de *bootstrapping* sobre as eficiências obtidas, com o objetivo de estimar o enviesamento das eficiências e realizar inferências estatísticas sobre os resultados da *DEA*. Outra análise identificada foi o uso de regressão linear para identificar possíveis relações entre as eficiências obtidas e características dos ambientes operacionais de cada estudo de caso. Esta última análise foi realizada por todos os autores, com exceção de Halkos e Petrou (2019). Para fins ilustrativos, a Figura 14, a seguir, sumariza a metodologia utilizada pelos quatro trabalhos do grupo 3, enaltecendo que o trabalho desenvolvido por Halkos e Petrou (2019) é o mais divergente do grupo.

Figura 14: Agrupamento dos trabalhos do grupo 3, de acordo com a orientação adotada e análise extra.



Fonte: Kim, França Barros (2023).

Os trabalhos de Simões, Witte e Marques (2010) e Marques e Simões (2009) são similares em diversos aspectos, como área de estudo, fonte dos dados utilizados e metodologia empregada. Porém, o primeiro trabalho buscou identificar a influência dos fatores do ambiente operacional sobre a eficiência da gestão de resíduos, enquanto que o segundo verificou o desempenho das unidades para relacionar com o modelo regulatório

do país. Em ambos os trabalhos os autores apresentaram a estimativa exata da redução de custo caso as unidades operassem de forma eficiente. Curiosamente, em apenas dois anos de diferença a economia em 2005 seria quase o dobro do que em 2007, no caso da modelagem feita com retorno constante em escala. Isto reforça que não é indicada a comparação das eficiências obtidas em diferentes contextos ou instantes de tempo, conforme concluído por Halkos e Petrou (2019).

Inclusive, este último trabalho merece destaque por trazer uma visão mais moderna sobre a problemática e sua solução. Os autores consideraram as premissas da economia circular, a qual é baseada em conceitos voltados para a prevenção, além de incluir dados de emissões atmosféricas na análise, o que é bastante relevante tendo em vista a problemática do aquecimento global e a necessidade de medidas urgentes para contornar/controlar/melhorar este cenário.

Por fim, a conclusão feita por Worthington e Dollery (2001) foi considerada de extrema importância para a área, pois os autores constataram que é possível construir uma estrutura uniforme para medir eficiência dos serviços públicos locais utilizando a ferramenta em questão. Como este foi o primeiro trabalho identificado que aplicou a técnica *DEA* para analisar eficiência das gestões de resíduos sólidos, a conclusão apresentada anteriormente, considerando a amostra incorporada neste estudo, permitiu que demais pesquisadores explorassem a área de pesquisa, resultando em melhorias tanto na metodologia quanto nas próprias gestões de resíduos.

Apesar da existência de diversos estudos na área, Marques e Simões (2009) pontuam que medir a performance de serviços de gestão de resíduos sólidos normalmente não cobre o elevado potencial de ganhos em eficiência e produtividade. Isto ocorre porque estes serviços estão situados fora do mercado e porque são sujeitos a diversas falhas em sua estrutura organizacional. No caso do Brasil, país cuja Política Nacional de Resíduos Sólidos busca promover a inserção do setor no mercado, a análise da eficiência destes sistemas com o intuito de aumentar os ganhos financeiros e melhorar a produtividade se mostra como bastante promissora.

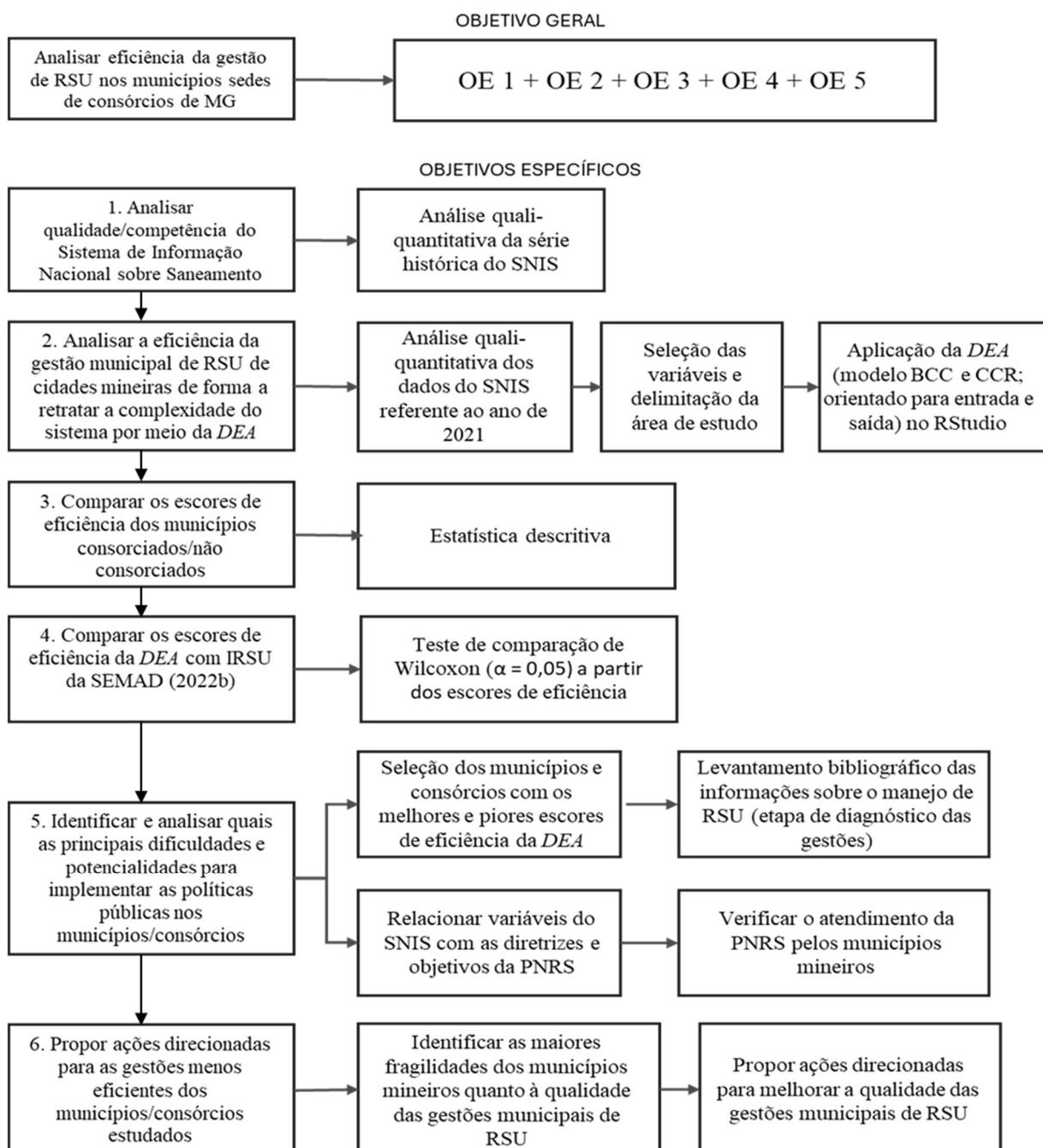
Portanto, é nítido que a técnica já está bastante disseminada em diversos campos de pesquisas, como na área de saneamento e mais especificamente na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos. Identifica-se a demanda de pesquisas relação à escolha das variáveis e dos modelos e orientação da técnica *DEA*, dado que essas variações retornarão

resultados diferentes e é indispensável o pleno conhecimento dos diferentes métodos para uma adoção adequada e sua correta interpretação.

4. Material e método

A metodologia utilizada para o atendimento dos objetivos da tese está ilustrada na Figura 15.

Figura 15: Esquema ilustrativo da metodologia adotada para o atendimento de cada objetivo proposto na tese.



4.1. Análise crítica SNIS

Para a análise dos dados de saneamento, mais especificamente do SNIS - RS, a primeira etapa consistiu no *download* de todos os dados disponíveis e para todos os anos

dos municípios de Minas Gerais. Uma vez que esta frente temática passou a integrar o sistema em 2002, a análise da série histórica foi realizada a partir desse ano e até o ano de 2021, sendo o ano foi estudado da pesquisa.

Com auxílio do *software* Excel, os dados foram organizados de forma que as medidas quantitativas fossem extraídas. Estas informações foram:

- Quantidade total de municípios cadastrados por ano;
- Quantidade de dados faltantes por ano;
- Quantidade total de cadastros por município;
- Porcentagem de informações cadastradas para cada ano.

O objetivo dessa caracterização quantitativa foi verificar o comportamento dos municípios em relação à obrigatoriedade de cadastro no SNIS. Além de verificar se houve aumento de municípios cadastrados, investigou-se se os campos estavam sendo preenchidos de forma mais completa, retratando assim o engajamento das administrações municipais em monitorar seus respectivos sistemas de gestões de resíduos sólidos e alimentar o SNIS-RS devidamente.

Para análise qualitativa, selecionaram-se alguns dados para verificar a porcentagem dos municípios cadastrados que forneceram estas informações específicas. O intuito desta análise foi identificar se havia semelhança no fornecimento destes dados para cada ano e se havia algum tipo de dado com muita inconstância no fornecimento, o que pode indicar dificuldade das prefeituras em compreender o que está sendo solicitado, em coletar a informação ou até negligência quanto à relevância do dado em questão.

Por último, foi feito uma investigação quanto à qualidade de alguns dados para identificar possíveis erros. Esta análise foi considerada como necessária, pois, o sistema é autodeclaratório e não possui um processo de auditoria para validar a veracidade das informações fornecidas. Assim, esta etapa utilizou como referência dados financeiros (gastos públicos, gastos privados e gastos totais), onde a verificação foi através da comparação entre a soma dos dois primeiros dados com o último.

4.2. Análise de eficiência

4.2.1. Seleção das variáveis e área de estudo

Considerando que o objetivo do trabalho é analisar a eficiência das gestões municipais de resíduos sólidos urbanos de municípios mineiros em 2021, a seleção da área de estudo dependeu da disponibilidade de informações no SNIS-RS para o referido

ano. Por isso, primeiro as informações que não retratam a questão dos RSU especificamente foram eliminadas, como aqueles referentes aos resíduos da construção civil e resíduos de serviço de saúde. Optou-se por eliminar os dados de varrição, pois foi considerado que este campo está mais associado ao serviço de limpeza urbana, cujo tema não é enfoque desta pesquisa, mesmo que os resíduos provenientes destes serviços estejam incorporados nos dados referentes aos RSU. Em seguida, excluíram-se as informações cuja porcentagem de dados faltantes ultrapassasse 30%, com o intuito de manter o máximo de municípios possíveis.

Dentre os dados remanescentes, selecionaram-se aquelas consideradas como mais relevantes para a presente pesquisa, isto é, aquelas informações que retratassem mais a qualidade da gestão de RSU de um município, como despesas com coleta, existência de coleta seletiva, elaboração de Planos de Resíduos Sólidos, entre outros. Por último, eliminaram-se os municípios que houvesse ao menos um dado faltante, pois a ferramenta selecionada não permite a inclusão de informações com dados faltantes.

4.2.2. Análise envoltória de dados (*DEA*)

Segundo Golany e Roll (1989), a aplicação da Análise Envoltória de Dados possui três principais etapas, sendo estas:

1. Definição e seleção das *DMUs*;
2. Determinação das variáveis de entradas e saídas do modelo, os quais devem ser relevantes e adequadas para analisar a eficiência das *DMUs* selecionadas;
3. Aplicação dos modelos de *DEA* e análise dos resultados.

A primeira etapa foi explicada na seção 4.2, sendo o principal critério de seleção a inexistência de lacunas nos dados. Apesar das variáveis terem sido selecionadas, realizou-se a análise da estatística descritiva e análise de correlação dos dados. Esta etapa é necessária para eliminar possíveis variáveis que sejam redundantes (aqueles com alta correlação) e, conseqüentemente, possam comprometer o resultado da *DEA*.

Além disso, Cook, Tone e Zhu (2014) declara que o uso de muitas variáveis não é ideal, porque na medida que o número de entradas e saídas aumenta, mais *DMUs* tendem a alcançar escore de 1, uma vez que se tornam especializadas demais para serem avaliadas em relação a outras unidades. Ainda segundo o autor, isso pode inflar artificialmente os escores de eficiência, uma vez que a adição de cada variável cria uma nova dimensão na qual o modelo buscará a comparação com os pares. Portanto, mesmo que a representação

de mais variáveis seja atrativo para retratar as diferentes etapas de manejo de RSU, para o uso da ferramenta recomenda-se o uso de poucas variáveis.

Após a exclusão dos dados altamente correlacionados, os mesmos foram normalizados para evitar possíveis problemas de escala e conseqüentemente erros nos resultados, pois o porte populacional (variou entre 520 habitantes de Senador José Bento e 2.530.701 habitantes de Belo Horizonte) influenciou a dimensão dos gastos públicos entre os municípios, valores que ficariam muito discrepantes quando comparadas com outras informações, como quantidade de trabalhadores ou as próprias informações categóricas que foram transformadas em binários. Segundo Sarkis (2007) o indicado é normalizar os dados pela média, obtendo um novo conjunto de dados com média 1, procedimento este adotado apenas para os dados não binários.

Além disso, os criadores do modelo (Charnes; Cooper; Rhodes, 1978) pontuam que para o uso do modelo, os dados não podem conter valores negativos e zeros. Dessa forma, Sarkis (2007) recomenda que se some uma constante suficientemente grande para eliminar os valores menores ou iguais a zero.

A escolha das variáveis consideradas como entradas e saídas foi feita conforme recomendado por Golany e Roll (1989), onde apresentam que as entradas tipicamente são os recursos utilizados pelas unidades ou condições que afetam a sua operação. Como a *DEA* objetiva a redução das entradas e a maximização das saídas, isto significa que os indicadores representativos do número de funcionários e custos representam insumos e, assim, devem ser minimizados, em vista da sustentabilidade financeira.

Portanto, as entradas consideradas para este trabalho representam tudo o que será transformado na execução do manejo de RSU, seja a força de trabalho humana, recursos financeiros ou documentos orientativos, tais como Planos ou Políticas. As saídas adotadas foram os dados que retratam a abrangência e qualidade do serviço prestado, como massa coletada, parcela da população atendida, entre outros. O Quadro 4, lista quais variáveis foram consideradas como entradas e saídas.

Por fim, a terceira e última etapa foi realizada através do software RStudio. Existem pacotes no R que permitem a aplicação da *DEA*. Foram identificados diferentes pacotes, sendo o pacote *deaR*, pois ele se mostrou mais simples de utilizar e apresenta os resultados de forma mais compilada e simples de interpretar. Dentre os resultados da ferramenta, mencionam-se os *scores*, os pesos dos pares, os *slacks* (folgas) e os *targets* (alvos). Aplicaram-se os dois principais modelos (CCR e BCC) e com as duas orientações

(entradas e saídas), conforme a Figura 16. Optou-se por aplicar todas as variações de *DEA* para identificar semelhanças e diferenças entre os resultados e verificar se existe uma variação mais adequada para o caso de gestão de resíduos sólidos urbanos dos municípios mineiros em 2021.

Quadro 4: Variáveis de entrada e saída na *DEA*.

Utilizada na <i>DEA</i>	Variável do SNIS	Descrição da variável
Entradas	FN201	A Prefeitura (Prestadora) cobra pelos serviços de coleta regular, transporte e destinação final de RSU (Antigo campo GE012)
	FN220/Purb	Despesa total com serviços de manejo de RSU por habitante (Antigo campo GE007) (R\$/hab.ano)
	FN220/FN223	Proporção da Despesa total com serviços de manejo de RSU em relação aos gastos municipais com demais serviços (educação, segurança, saúde etc.) (%)
	PO042	O município é integrante de algum CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL regulamentado pela Lei nº 11.107/2005 que tenha entre suas atribuições específicas a gestão ou prestação de um ou mais serviços de manejo de RSU (serviços de coleta de resíduos domiciliares ou públicos, operações de aterro sanitário etc.);
	PO048	O Município possui Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) conforme a Lei nº 12.305/2010 que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos
	TB015	quantidade total de trabalhadores remunerados envolvidos nos serviços de manejo de RSU (Antigo campo GE058).
	CA007	Quantidade de associados
Saídas	CA008	Existe algum trabalho social por parte da prefeitura direcionado aos catadores?
	CO050/Purb	Proporção da população urbana atendida em relação à população urbana total (%)
	CO119/Purb	Quantidade total de RDO e RPU coletada por todos os agentes por habitante (tonelada/hab.ano)
	CO165/Purb	Proporção da população urbana com coleta porta-a-porta em relação à população urbana total (%)
	CS001	Existe coleta seletiva no município?

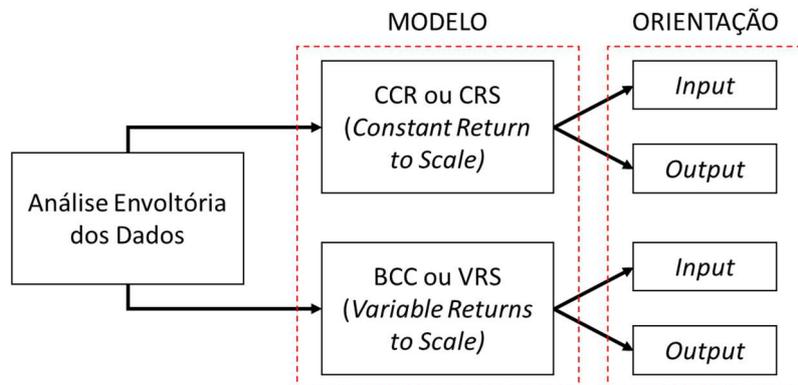
O pacote *dearR* foi desenvolvido por Vicente Coll-Serrano, Vicente Bolós e Rafael Benitez, da Universidade de Valência, tendo sido lançado em dezembro de 2018. Os autores disponibilizam um tutorial do pacote (COLL-SERRANO; BOLÓS; BENITEZ, 2018), o que facilita sua utilização. O *script* na linguagem R está no Apêndice B contribuindo com a reprodutibilidade da pesquisa.

Fonte: Autora (2024).

De forma complementar, utilizou-se a plataforma *dearR-Shiny* como verificação dos resultados obtidos (Benítez; Coll-Serrano; Bolós, 2021), aplicativo interativo que também realiza a Análise Envoltória de Dados, porém de forma mais intuitiva e simplificada. A Plataforma consiste em uma interface para o usuário, a qual possui cinco abas: “*Data*”, “*DEA Models*”, “*Results*”, “*Plots*” e “*About*”. Outra grande vantagem deste aplicativo é que permite a interação do usuário com os dados sem a necessidade de manipular o

código de programação no R, ou seja, os pesquisadores que não possuem o conhecimento específico de programação também conseguem realizar a análise.

Figura 16: Variações do modelo e orientação da Análise Envoltória de Dados.



Por fim, a seleção do modelo e orientação da ferramenta *DEA* para este estudo foi realizada a partir de recomendações bibliográficas. Além das bibliografias, priorizou-se o resultado mais pessimistas, isto é, aquele com menor quantidade de municípios eficientes. Este último critério mencionado foi para discutir e proposição de medidas com uma maior possibilidade para melhorias.

4.2.3. Agrupamento dos municípios

Uma vez que uma das justificativas desta pesquisa é contribuir com a qualidade das GRSU dos municípios mineiros e na elaboração do PERS, o qual está em elaboração (desde 2022), os municípios foram agrupados de acordo com três divisões geográficas existentes em Minas Gerais, sendo estas:

- Superintendências Regionais do Meio Ambiente (SUPRAMs);
- Arranjos Territoriais Ótimos (ATOs);
- Consórcios Intermunicipais de Resíduos Sólidos.

Após estes agrupamentos, estimou-se o escore médio de eficiência de cada região, de forma a identificar o ordenamento destes grupos por eficiência. Assim, as regiões que se posicionaram nos extremos do ordenamento por eficiência são aquelas com potencial de investigação mais aprofundada, seja por demandar melhorias mais urgentes para as piores classificadas ou por servir de referência por serem as melhores classificadas.

Comparação entre os municípios consorciados e não consorciados

A investigação e diagnóstico dos municípios e regiões, cuja metodologia será apresentada posteriormente, foi feita para apenas uma divisão territorial. Apesar de as três divisões terem a sua relevância para o Estado, optou-se pelo diagnóstico de acordo com

os consórcios intermunicipais, selecionando-se aqueles que se destacaram por terem os maiores e menores escores de eficiência médio. A motivação desta escolha será apresentada na seção de resultados, mais especificamente na subseção “5.4.2 Escala consórcio”.

A partir das informações disponíveis na bibliografia, os municípios estudados foram separados em dois grupos (pertencentes e não pertencentes a consórcios intermunicipais de gestão de resíduos sólidos). Dessa forma, descritores estatísticos foram estimados (média, mediana, moda, variância, entre outros) para identificar possíveis diferenças entre os dois grupos.

4.2.4. Análise de correlação

Conforme já apresentado anteriormente, uma vez que os dados não passaram no teste de normalidade, faz-se necessário o uso de testes não paramétricos. Assim, a análise de correlação entre os escores de eficiência e as variáveis de entrada foi realizada por meio do coeficiente de correlação de *Spearman*.

A motivação desta análise foi identificar se alguma variável possui uma maior correlação com a eficiência da gestão, o que indicaria que certa etapa do manejo de resíduos sólidos possui maior peso na qualidade da gestão municipal de RSU. Em outras palavras, a partir deste resultado identificou-se quais fatores contribuíram para que os municípios apresentassem alto ou baixo desempenho em relação à qualidade da gestão de RSU. O teste foi aplicado por meio do *software* RStudio, assim como os demais testes utilizados nesta pesquisa, cujo código está apresentado no Apêndice B.

4.3. Comparação entre *DEA* e IRSU

O resultado obtido (escores de eficiência) foi confrontado com o Índice de Avaliação do Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (IRSU), disponível no “Panorama Resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais – Ano base 2021” (Semad, 2022b). Este índice é calculado a partir de três indicadores, conforme exposto na Equação 5:

$$IRSU = 35 * CS + 45 * RA + 20 * LA \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

IRSU: Índice de avaliação do sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos;

CS: Coleta seletiva;

RA: Regularização ambiental;

LA: Legislação ambiental.

Os valores atribuídos para cada variável estão apresentados na Tabela 1, a seguir.

Tabela 1: Descrição dos indicadores utilizados para o cálculo do IRSU.

Indicador	Classificação	Valor atribuído
CS	Existência de CS no município	1
	Inexistência de CS no município	0
RA	Regularizados: destinação para aterro sanitário e/ou unidade de triagem e/ou compostagem regularizados	1
	Não regularizados: destinação para aterro sanitário e/ou unidade de triagem e/ou compostagem não regularizados	0,5
	Irregulares: lixões e aterros controlados	0
LA	Possui PMGIRS e/ou PMSB	1
	Não possui PMGIRS e/ou PMSB	0

Fonte: Semad (2022b).

O intuito desta comparação é constatar se o índice do Estado, o qual é calculado a partir dessas 3 variáveis (Coleta Seletiva, Regularização Ambiental e Legislação Ambiental), retrata o mesmo que o resultado da *DEA* considerando 12 variáveis. Pontua-se que neste estudo de caso a questão da regularização ambiental não foi incorporada na Análise Envoltória de Dados, porém, mais fatores referentes ao manejo de RSU foram incluídas. Portanto, caso a comparação apresente diferenças entre as duas classificações (IRSU e *DEA*), será investigado qual está mais condizente com a realidade.

Uma vez que os dados não passaram no teste de normalidade de Shapiro-Wilk, concluiu-se que os escores de eficiência do modelo BCCin (BCC orientado para entrada) e IRSU não seguem uma distribuição normal (para ambos o p-valor obtido foi de $2,2 \times 10^{-16}$). Portanto, a comparação foi realizada por meio do teste Wilcoxon, pois além de não passarem no teste de normalidade, os elementos das amostras provêm dos mesmos indivíduos, demandando por testes para amostras dependentes. A dependência atribuída se deu ao fato dos escores de eficiência serem calculados por comparação, ou seja, se determinado município for retirado da amostra, os escores de eficiência poderão mudar. O objetivo do teste dos sinais de Wilcoxon é comparar as performances de cada observação (ou pares de observações) para verificar se existem diferenças significativas entre os seus resultados nas duas situações. Dessa forma, a comparação teve a finalidade de verificar se as eficiências apresentavam diferença significativa para o grupo pertencente e não pertencente a consórcios.

4.4. Diagnóstico e análise da implementação da PNRS e proposição de melhorias

Primeiramente, destaca-se a inviabilidade de se realizar o diagnóstico e proposição de melhorias para toda a amostra ($n=633$), assim, selecionaram-se os municípios e consórcios que se destacaram no ordenamento pela eficiência. O diagnóstico das gestões

municipais de resíduos sólidos urbanos foi realizado por meio dos dados disponíveis no SNIS, baseando-se nos critérios utilizados por Ferreira *et al.* (2022), apresentados no Quadro 5. Além dos indicadores propostos voltados para as diretrizes da PNRS, incluíram-se mais quatro que descrevesse o uso dos instrumentos previstos na Política.

Vale mencionar que foram considerados outros estudos cujos indicadores utilizados para a elaboração do diagnóstico das gestões (municipais ou consórcios) se mostraram mais completos. Por exemplo, os estudos realizados por Ferreira e Jucá (2017) e Ventura *et al.* (2020) realizaram o diagnóstico utilizando 42 e 27 indicadores, respectivamente.

Entretanto, a falta de dados secundários disponíveis impossibilitou o uso dessas referências para a seleção dos indicadores, por mais que o retrato fosse mais completo e realista das gestões municipais. Além disso, a tentativa de contato direto com as administrações responsáveis de alguns municípios e consórcios também não foi bem-sucedida, dificultando o uso de mais informações na etapa do diagnóstico.

Por isso, optou-se pelo diagnóstico a partir dos indicadores apresentados no Quadro 5, pois os mesmos estavam disponíveis nas fontes mencionadas na segunda coluna. Os dados levantados foram organizados de acordo com a classificação de eficiência da *DEA*, facilitando a identificação dos modelos de gestão adotados em relação às eficiências observadas.

Conforme já mencionado (seção 4.3.2.), neste estudo optou-se pelo diagnóstico a partir dos consórcios intermunicipais de gestão de resíduos sólidos, cuja justificativa de escolha será discutida de forma mais aprofundada na seção de Resultados e Discussão (mais especificamente na seção 5.4.2). A avaliação destes consórcios também foi realizada utilizando os parâmetros do Quadro 5, porém, incluíram-se parâmetros específicos dos consórcios, os quais foram adaptados do Diagnóstico de Consórcios Intermunicipais para a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais (Feam, 2014), sendo estes:

1. Existe conselho consultivo?
2. Caracterização e estrutura do consórcio:
 - a. Possui Estatuto?
 - b. Possui contrato de rateio?
 - c. Possui contrato de Programa?
 - d. Área de atuação do consórcio?
 - e. Empreendimento integrantes do consórcio?

- f. Consórcio obteve recursos financeiros estaduais ou federais?
- g. Possui equipe gestora?
3. Os consórcios implantados seguiram os ATO's e/ou Agrupamentos?

Quadro 5: Lista de indicadores utilizados para o diagnóstico dos municípios selecionados e suas respectivas fontes.

Indicador	Fonte
Dados Socioeconômicos	
População	IBGE (2023b)
IDH	IBGE (2023b)
PIB per capita	IBGE (2023b)
Fase 1. Diretrizes da PNRS Pequeno porte	
(I) Disposição adequada em aterro sanitário	Panorama MG (Semad, 2022a)
(II) Erradicação das antigas áreas de lixão	Panorama MG (Semad, 2022a)
*(III) Os catadores do município estão organizados em cooperativas ou associações?	SNIS (CA007) (Snis, 2023)
*(IV) Há incentivos municipais para a criação/desenvolvimento de cooperativas ou associações de catadores?	SNIS (CA008) (Snis, 2023)
(V) Coleta seletiva	SNIS (CS001) (Snis, 2023)
(VI) Unidades de triagem	IDE-SISEMA (Semad, 2023b)
(VII) Unidades de compostagem	IDE-SISEMA (Semad, 2023b)
(VIII) Planos municipais/intermunicipais: gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos	SNIS (PO028 e PO048) (Snis, 2023)
*(IX) O município possui sistema de logística reversa?	SNIS (OS009, 010, 011, 020, 021, 022, 031, 032, 033, 047, 048, 049, 050, 051, 052) (Snis, 2023)
*(X) O município é integrante de consórcios ou outras formas de cooperação intermunicipal?	SNIS (PO042) (Snis, 2023)
Fase 2. Mecanismos de cobrança	
(I) A prefeitura (prestadora) cobra pelos serviços de coleta regular, transporte e destinação final de resíduos sólidos urbanos	SNIS (FN201) (Snis, 2023)
(II) Existe mecanismo de cobrança (taxa/boleto de Imposto Predial e Territorial Urbano, tarifa, outros)	SNIS (FN202) (Snis, 2023)
(III) Existe autossuficiência financeira das prefeituras com o manejo de resíduos sólidos urbanos	SNIS (IN005) (Snis, 2023)
(IV) A natureza jurídica do prestador de serviço é via administração público-privada	SNIS (Natureza Jurídica) (Snis, 2023)
(V) Há empresas com contrato de concessão para algum ou todos os serviços de manejo de resíduos	SNIS (GE202) (Snis, 2023)

*Indicadores adicionados ou adaptados.

Fonte: Adaptado de Ferreira *et al.* (2022).

As informações da estrutura organizacional dos consórcios foram levantadas a partir de estudos científicos, informações disponíveis em sítios eletrônicos das próprias prefeituras/consórcios e quando necessário, consulta diretamente com os consórcios por meio telefônico ou correio eletrônico. Porém, a falta de receptividade por parte de

algumas administrações municipais e consórcios limitou a caracterização destas gestões na etapa de diagnóstico e proposição de melhorias, resultando em um retrato superficial.

Finalmente, tendo-se concluído a execução da *DEA* e levantamento dos dados para diagnóstico, é possível prosseguir para a análise e interpretação gerencial dos resultados, sendo a verificação do cumprimento das políticas públicas. O procedimento adotado para esta análise foi inspirado na pesquisa desenvolvida por Maiello, Britto e Valle (2018), onde as autoras buscaram identificar o grau de implementação da PNRS na Região Metropolitana do Rio de Janeiro baseando-se nos dados do Snis.

Dessa forma, as variáveis selecionadas e utilizadas na *DEA* foram associadas com os objetivos da PNRS, previstos no artigo 7 da Lei (Brasil, 2010b). As variáveis do Snis foram selecionadas de acordo com a quantidade de vazios, priorizando-se aquelas informações com o máximo de municípios cadastrados possíveis. Os indicadores/índices com seus respectivos objetivos estão apresentados no Além destas variáveis, incluíram-se outras que foram consideradas como pertinentes para a verificação da implementação da PNRS nos municípios mineiros. Porém, a falta de dados resultou em uma redução do tamanho da amostra, sendo que o número de observações “n” dependia da informação selecionada. As variáveis incluídas estão apresentadas no Quadro 7, com os respectivos objetivos da PNRS indicados.

Os indicadores utilizados neste trabalho (incluindo as quatro variáveis apresentadas acima) apresentam relação com poucos objetivos dentre os quinze previstos na Política Nacional. De acordo com Maiello, Britto e Valle (2018), isso é resultado da tentativa de combinar duas entidades (PNRS e o banco de dados elaborado pelo Ministério das Cidades), os quais operam em diferentes escalas.

Quadro 6.

Além destas variáveis, incluíram-se outras que foram consideradas como pertinentes para a verificação da implementação da PNRS nos municípios mineiros. Porém, a falta de dados resultou em uma redução do tamanho da amostra, sendo que o número de observações “n” dependia da informação selecionada. As variáveis incluídas estão apresentadas no Quadro 7, com os respectivos objetivos da PNRS indicados.

Os indicadores utilizados neste trabalho (incluindo as quatro variáveis apresentadas acima) apresentam relação com poucos objetivos dentre os quinze previstos na Política Nacional. De acordo com Maiello, Britto e Valle (2018), isso é resultado da tentativa de combinar duas entidades (PNRS e o banco de dados elaborado pelo Ministério das Cidades), os quais operam em diferentes escalas.

Quadro 6: Seleção das variáveis para análise da implementação da PNRS em MG com os seus respectivos objetivos da Política Nacional.

Variável do SNIS	Objetivos da PNRS
População urbana (hab)	-
FN201 – A Prefeitura (Prestadora) cobra pelos serviços de coleta regular, transporte e destinação final de RSU (Antigo campo GE012)	X
FN220 – Despesa total com serviços de manejo de RSU (Antigo campo GE007) (R\$)	X
FN220/Purb – Despesa total com serviços de manejo por habitante (R\$/hab)	X
FN220/FN223 – Proporção da Despesa total com serviços de manejo de RSU em relação aos gastos municipais com demais serviços (educação, segurança, saúde etc.) (%)	X
TB015 – Quantidade total de trabalhadores remunerados envolvidos nos serviços de manejo de RSU (Antigo campo GE058).	X
CA007 – Quantidade de associados	XII
CA008 – Existe algum trabalho social por parte da prefeitura direcionado aos catadores?	XII
CO050/Purb – Proporção da população urbana atendida em relação à população urbana total (%)	X
CO119/Purb: Quantidade total de RDO e RPU coletada por todos os agentes por habitante (tonelada/hab.ano)	X
CO165/Purb – Proporção da população urbana com coleta porta-a-porta em relação à população urbana total (%)	X
CS001 – Existe coleta seletiva no município?	I, VI
PO042 – O município é integrante de algum CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL regulamentado pela Lei nº 11.107/2005 que tenha entre suas atribuições específicas a gestão ou prestação de um ou mais serviços de manejo de RSU (serviços de coleta de resíduos domiciliares ou públicos, operações de aterro sanitário etc.);	VII
PO048 – O Município possui Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) conforme a Lei nº 12.305/2010 que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos?	I, VII, VIII

Esta análise será feita a partir da estatística descritiva dos dados, de tal forma que seja possível identificar quais variáveis os municípios mineiros apresentam um retrato mais crítico. Em seguida, a verificação do alcance dos objetivos da Lei foi realizada por meio de uma escala qualitativa [0-5], sendo associado com cinco intervalos de porcentagens com cinco atributos (insignificante até satisfatório), conforme indicado na Tabela 2.

Quadro 7: Relação entre os objetivos da PNRS e as variáveis do SNIS incluídas para a etapa de diagnóstico da pesquisa.

Variável do SNIS	Objetivos da PNRS	Observação
IN032 – Massa recuperada per capita de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à população urbana	II, VI	Retrato de apenas 331 municípios mineiros
IN030 - Taxa de cobertura do serviço de coleta seletiva porta-a-porta em relação à população urbana do município.	X	Retrato de apenas 172 municípios mineiros
IN005 - Auto-suficiência financeira da prefeitura com o manejo de rsu	X	Retrato de apenas 331 municípios mineiros
Destinação final ambientalmente adequada	1, II, IV	Baseado no Panorama de Minas Gerais (Semad, 2022b)

Fonte: Autora (2024).

Este resultado em conjunto com o diagnóstico dos municípios e consórcios realizados, permitiu identificar quais são os fatores mais frágeis e limitados das gestões municipais de RSU de Minas Gerais.

Tabela 2: Escala qualitativa para interpretação das porcentagens.

Porcentagem de municípios que atendem ao objetivo	Escala qualitativa
0-20	Insignificante
21-40	Mínimo
41-60	Intermediário
61-80	Suficiente
81-100	Satisfatório

Fonte: Maiello, Britto e Valle (2018).

A partir disso, realizou-se a proposição de melhorias para as gestões, que foi baseada em algumas unidades que foram consideradas como referência pela própria *DEA* e em estudos de casos que obtiveram sucesso na implementação de programas de ação. Novamente, menciona-se que a falta de abertura para dialogar com os municípios e consórcios limitou a presente etapa metodológica. No caso de as gestões serem

transparentes e esclarecer quais as principais dificuldades encontradas para o atendimento das Políticas, as sugestões seriam mais assertivas para cada caso.

5. Resultados e Discussão

5.1. Análise crítica do SNIS-RS

No caso da série histórica do SNIS-RS para os municípios mineiros, Figura 17, verifica-se um aumento da quantidade de municípios cadastrados com o decorrer do tempo.



Fonte: Autora (2024).

Isso indica que houve um maior comprometimento por parte das administrações municipais em alimentar o Sistema, ainda que a melhoria da qualidade desta participação não possa ser devidamente avaliada. Destacam-se dois instantes na série analisada: o primeiro aumento significativo indicado na Figura 17 ocorreu em 2009, o que foi associado à promulgação da PNSB em 2007. A Lei estabelece que a alocação e financiamento de recursos públicos federais têm como uma das condições o cadastro atualizado no Sistema. Já o segundo aumento ocorreu em 2012, atribuído à promulgação das Políticas Estadual de MG (Minas Gerais, 2009b) e Nacional (Brasil, 2010b) de Resíduos Sólidos. Na realidade, a PNRS determina que o cadastro de informações sobre resíduos deve ser realizado no SINIR e não no SNIS. Entretanto, o SINIR só foi criado em 26 de junho de 2019 (Mma, 2021), e por isso considerou-se que esta maior participação refletiu no próprio SNIS.

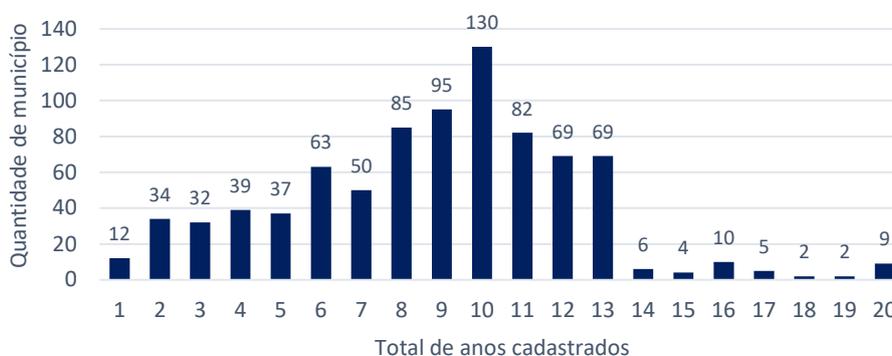
Outro fenômeno a ser destacado é o aumento constante da quantidade de municípios cadastrados a partir de 2018, tendo chegado à participação de 761 municípios mineiros em 2021, representando 89% do total. Este comportamento foi associado a Instrução Normativa nº 22/2018 (Brasil, 2018a), a qual estabelece como critério de priorização de propostas em processos seletivos para contratação de operações de crédito para projetos de saneamento a adimplência junto ao SNIS. O atestado de Regularidade é concedido

pela Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional (SNS/MDR) a prestadores de serviços e extensivo aos municípios em que operam.

Portanto, considera-se que a maior participação dos municípios tem forte influência da busca de alocação de recursos federais. Mesmo que a maior adimplência seja positiva, a motivação não foi considerada como a mais adequada., pois, caso as administrações compreendessem a importância em se monitorar o sistema de GRSU e de gerar e fornecer dados de qualidade, com foco na qualidade ambiental e sustentabilidade, não haveria tantos dados faltantes ou inconsistentes, conforme será discutido posteriormente.

A Figura 18 apresenta a quantidade total de municípios cadastrados pelo total de anos cadastrados em toda a série temporal analisada. Por exemplo, 12 municípios cadastraram apenas uma única vez dados no SNIS em 20 anos (entre 2002 e 2021). Destaca-se que, dentre os 834 municípios mineiros cadastrados no SNIS-RS, a maioria forneceu informações para dez anos e que apenas nove cidades (aproximadamente 1,0% de todos os municípios mineiros) cadastraram informações no SNIS em todos os anos da série analisada (20 anos).

Figura 18: Quantidade total de municípios de acordo com a somatória de anos de anos cadastrados no SNIS-RS.



Fonte: Autora (2024).

A análise também permitiu identificar que 19 municípios nunca cadastraram informações no SNIS-RS. A lista dos municípios e suas respectivas populações estão na Tabela 3. Observa-se que todos os municípios são de pequeno porte, sendo aquele mais populoso a cidade Rio Paranaíba com 14.532 habitantes em 2022.

O porte populacional é destacado porque apoia a conclusão obtida por Santos e Pinto Filho (2022), responsáveis pelo estudo de revisão sobre a gestão ambiental de resíduos sólidos em pequenos municípios. Os autores constataram o não atendimento da Política Nacional por parte desses municípios pequenos, “com vistas de degradação

ambiental pela disposição final dos resíduos sólidos e da má assistência à comunidade de catadores de recicláveis que se utilizam do lixo para sobreviverem” (Santos; Pinto Filho, 2022, p. 241). Somado a isso, Duarte (2023, p.71) pontua que “a maioria dos municípios brasileiros apresenta deficiência na gestão de resíduos e na prestação dos serviços associados aos RSUs”, sendo que 88% dos municípios brasileiros possuem população menor do que 50.000 habitantes.

Tabela 3: Municípios que nunca cadastraram informações no SNIS entre 2002 e 2021.

Municípios sem cadastro no SNIS-RS	População estimada 2021 (hab) (IBGE)
Alagoa	2.749
Areado	13.881
Braúnas	4.441
Campanário	2.923
Centralina	10.207
Chapada do Norte	10.337
Galiléia	6.222
Ipiúna	9.135
Jampruca	4.296
Jenipapo de Minas	6.100
Piedade de Ponte Nova	3.976
Porto Firme	10.569
Rio Paranaíba	14.532
Romaria	3.386
Santa Bárbara do Leste	8.458
Santa Rita de Ibitipoca	3.301
Serra da Saudade	8831
Taquaraçu de Minas	4.224
Toledo	7.214

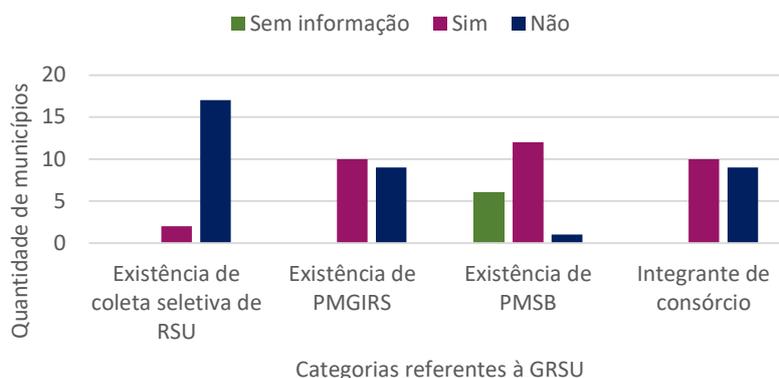
Fonte: IBGE (2023b).

A dificuldade de gestão dos RSU é percebida por tamanhos e realidades municipais muito diversas, sendo agravada no caso dos municípios pequenos pela falta de implantação de soluções de aproveitamento econômico e pela baixa capacidade técnica e institucional. Ou seja, ainda que considerando as particularidades locais na problemática referente ao manejo de resíduos sólidos, o caso dos municípios de pequeno porte é um pouco mais grave e possui demandas mais urgentes, principalmente considerando o atendimento às Leis e Agendas.

As Figuras 19 e 20 apresentam algumas características referentes ao manejo de RSU desses 19 municípios que nunca alimentaram o sistema. Todas as informações foram extraídas do “Panorama Resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais – Ano base 2021” (Semad, 2022b). Foi possível identificar outras semelhanças entre os municípios além do

porte populacional, sendo estas características contrárias a uma gestão de RSU de qualidade.

Figura 19: Respostas observadas no SNIS-RS (sim, não ou sem informação) das etapas de manejo de RSU (coleta seletiva, existência de planos de resíduos sólidos e saneamento básico e participação de consórcios intermunicipais de resíduos sólidos) dos municípios nunca cadastrados no SNIS, a partir de informações obtidas no “Panorama resíduos sólidos urbanos em MG” da Semad, (2022b).



Fonte: Autora (2024).

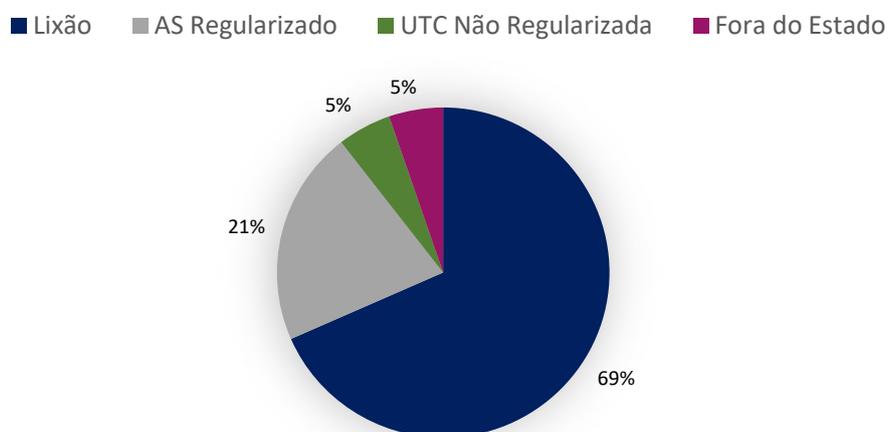
Dentre essas características, destacam-se a inexistência de coleta seletiva de RSU, pois é uma característica de quase todos os municípios deste grupo. Este retrato é aquém das expectativas, pois a cadeia de reciclagem, a qual busca reinserir os diferentes tipos de materiais no sistema produtivo, deveria estar muito mais disseminada e naturalizada na sociedade. No Brasil, havia em 2021 1.567 municípios com alguma iniciativa de coleta seletiva (32% dos 4.900 total), porém com a baixa taxa de recuperação dos materiais recicláveis (em torno de 5,3%) mostram o quão limitado o setor se encontra (MDR, 2022).

Este dado indica que os materiais ainda estão sendo encaminhados para os aterros sanitários, lixões ou depositados de forma inadequada no meio urbano. Nos cenários onde os resíduos contam com destinação para lixão, sendo o caso de 69% dos 19 municípios que nunca cadastraram no SNIS, Figura 20, a situação é ainda mais crítica, retratando um descaso com o setor e não cumprimento dos objetivos previstos no Art. 7º da PNRS (Brasil, 2010b) e ao PMSL (Feam, 2021). Consequentemente, diversos impactos são gerados além da perda do potencial econômico que poderia ser obtido com a recuperação dos materiais.

Apesar de todos os municípios serem de pequeno porte (população total inferior a 20.000 habitantes), apenas 53% integram consórcios intermunicipais de resíduos sólidos, ou seja, aproximadamente metade está buscando soluções integradas com outras administrações para melhorar a GRSU. A PNRS já priorizava municípios consorciados para repassar recursos da União, mas o novo marco do saneamento condicionou a

participação em consórcios intermunicipais de RSUs para o recebimento dos recursos federais.

Figura 20: Tipologia de destinação de RSU dos municípios nunca cadastrados no SNIS a partir de informações obtidas no “Panorama resíduos sólidos urbanos em MG” da Semad, (2022b).



Fonte: Autora (2024).

Isso, por ser considerado como uma possível solução destinada para aperfeiçoar o planejamento e operação, em busca de maior eficiência, eficácia e efetividade (Duarte, 2023). Além disso, este autor pontua que os investimentos em equipamentos e infraestruturas nos municípios pequenos e médios, de forma isolada, não obtiveram retorno por décadas, resultando em desperdício de recursos pela descontinuidade do funcionamento ou por sequer ter havido início da operação das referidas unidades.

No caso dos municípios que cadastraram informações em toda a série histórica (Tabela 4), o cenário se mostrou mais positivo quanto à qualidade da GRSU, mesmo estando distante do ideal. Em relação às características do sistema de gestão destes municípios, de acordo com o “Panorama Resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais – Ano base 2021” (Semad, 2022b) todos destinam os RSU para aterros sanitários regularizados, dispensando assim a elaboração de gráfico, sendo considerado um grande avanço quando comparado com demais municípios brasileiros e mineiros

A Figura 21 apresenta o retrato geral dos municípios adimplentes em toda a série histórica em relação à existência de coleta seletiva, PMGIRS, PMSB e participação de consórcio intermunicipal.

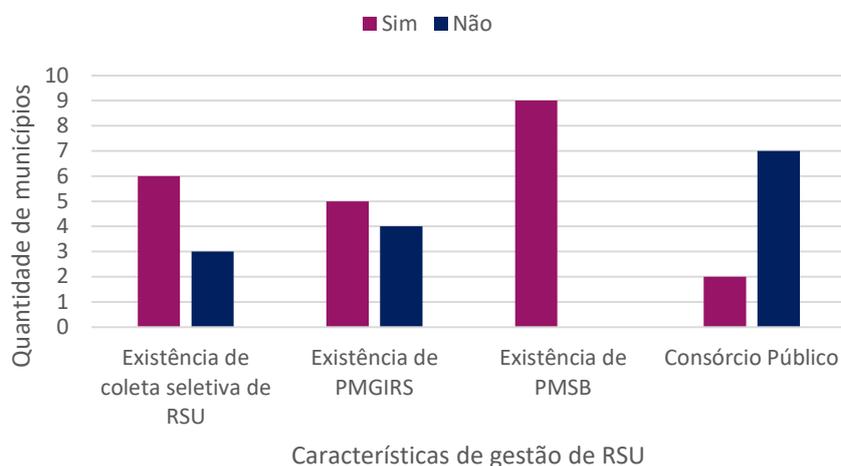
Tabela 4: Municípios que cadastraram todos os anos da série histórica no SNIS e suas respectivas populações para o ano de 2021.

Município	População estimada 2021 (hab) (IBGE)
Barbacena	139.061
Belo Horizonte	2.530.701
Betim	450.024
Coronel Fabriciano	110.709
Governador Valadares	282.164
Itabira	121.717
Juiz de Fora	577.532
Uberaba	340.277
Uberlândia	706.597

Fonte: IBGE (2023a).

A primeira grande diferença observada é o porte populacional dos municípios, pois neste grupo todos os municípios possuem mais de 100.000 habitantes. Ou seja, como o montante gerado de RSU nestes municípios é superior, os impactos ambientais provenientes de um manejo inadequado possuem proporções maiores. Além disso, a receita arrecadada também é maior, possibilitando maiores investimentos no setor de saneamento (em específico de resíduos sólidos) na cidade.

Figura 21: Respostas observadas no SNIS-RS (sim e não) das etapas de manejo de RSU dos municípios cadastrados no SNIS em toda a série observada, a partir de informações obtidas no “Panorama resíduos sólidos urbanos em MG” da Semad, (2022b).



Fonte: Autora (2024).

Assim como no grupo anterior (aqueles que nunca cadastraram), a maioria dos municípios declarou ter tanto o PMSB quanto o PMGIRS. Este retrato é considerado como positivo, uma vez que tais documentos são muito pertinentes quando se discute a qualidade de vida, da GRSU e do meio ambiente. Porém, deve ser destacado que a

qualidade destes planos, assim como a periodicidade de sua revisão, não foram investigadas.

Em relação à integração de consórcio público para gestão de RS, foi constatado que a maioria dos municípios não participa deste tipo de organização intermunicipal. Isso deve ser consequência do porte populacional e tamanho destes municípios, pois a maior dimensão do sistema e maior arrecadação municipal facilitam a elaboração de estratégias de forma individualizada. Portanto, infere-se que há uma diferença entre os dois grupos mencionados, sendo o retrato daqueles que cadastraram dados em todos os anos da série histórica mais positivo quanto à GRSU.

No caso da proporção de dados faltantes no SNIS, Figura 22, observa-se que entre o primeiro e último ano da série houve uma melhora muito sutil, pois em 2002 constatou-se que 77% de dados não foram fornecidos, enquanto que em 2021 foram 67%: mesmo sendo insatisfatório, isto retrata uma ligeira evolução.

Figura 22: Proporção de dados faltantes totais no SNIS por ano, para todos os municípios cadastrados no sistema.



Fonte: Autora (2024).

A Figura 22 também indica que entre 2002 e 2007 houve uma queda acentuada deste parâmetro, mas cujo valor voltou a aumentar nos anos seguintes e apresentou um comportamento mais constante a partir de 2011, com uma proporção de dados faltantes entre 65% e 69%. Isto complementa a discussão apresentada anteriormente quanto à motivação dos municípios para cadastrar os dados no Sistema, sendo provavelmente a busca por recursos financeiros federais e não o monitoramento e a busca de uma GRS de qualidade.

Ademais, foi constatado que três campos estão completamente vazios para toda a série analisada, sendo estes “CO124 - Outras formas de disposição de resíduos sólidos

coletados em aeronaves”, “CO129 - Outras formas de disposição de resíduos sólidos coletados em embarcações” e “CS002 - Execução da coleta seletiva pelo agente público”. É possível que vários municípios não tenham necessidade de cadastrar tais informações, como aqueles que não possuem aeroportos, e, portanto, não geram resíduos coletados em aeronaves, ou que a coleta seletiva seja realizada exclusivamente por agentes privados. Mas a inexistência desta informação para todos os municípios em dezenove anos retrata: (a) falta de comprometimento por parte de algumas administrações; (b) falta de conhecimento técnico; (c) possibilidade de readequação do indicador.

Apesar destas informações não serem cruciais para retratar a gestão municipal de RSU, deve ser mencionado que outros campos considerados como relevantes apresentaram uma proporção alarmante de dados faltantes. Por exemplo, a categoria PO (Políticas e Planos), fator extremamente pertinente para a GRSU e previsto como obrigatório aos municípios, apresentou mais de 70% de dados faltantes para 93,5% das variáveis. Ou seja, quase todos os indicadores referentes aos aspectos legais estavam sem informações. Apoiando este retrato lamentável, o “Panorama resíduos sólidos urbanos em MG” (Semad, 2022b), afirma que apenas 37% das cidades mineiras declararam ter finalizado seus respectivos PMGIRS em 2021, sendo uma possível causa para a inadimplência com o SNIS.

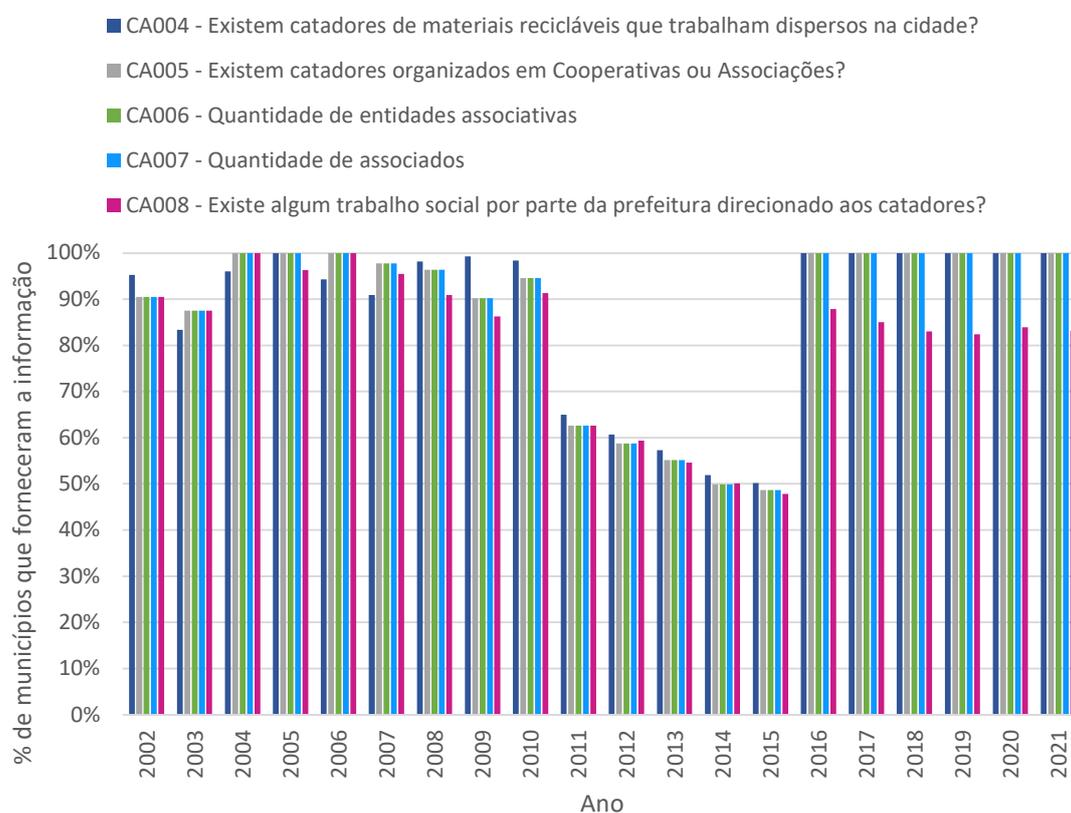
Os municípios mineiros não estão utilizando os dois primeiros instrumentos dispostos no Art. 8º da PNRS: “(...) I – os planos de RS; II – os inventários e o sistema declaratório anual de Resíduos Sólidos (...)”. Ambos são de extrema importância para elaborar o diagnóstico das gestões municipais de RS, assim como monitorar este sistema e formar estratégias e metas para melhorias futuras, evitando diversos impactos ambientais, econômicos e financeiros, e comprometendo a sustentabilidade do município. Isso sem considerar a veracidade das informações e qualidade dos planos, pois o panorama poderia ser ainda pior.

Em relação aos campos mais preenchidos, 43% destes estão com menos de um quarto de dados faltantes, dos quais 3,6% (7 campos) estão com menos de 1% de dados faltantes. Cinco dos sete indicadores são dados categóricos, cujas respostas se limitam a “sim” ou “não”. O indicador sexto é calculado pelo próprio sistema e o outro (7º) é a população urbana atendida no município. Esse resultado abre margem para a hipótese de possíveis dificuldades em levantar e cadastrar dados quantitativos, o que poderia ser em parte contornado com treinamentos e capacitação de gestores ou até com o

desenvolvimento e difusão de novos materiais, mais didáticos, contendo orientações de forma mais clara.

Com isso, a falta de comprometimento em declarar constantemente os dados ao Sistema fica evidente. Essas lacunas temporais dificultam a interpretação da evolução dessas informações. Com o intuito de trazer uma análise qualitativa, selecionaram-se alguns campos para verificar a proporção de municípios cadastrados por ano. Estes resultados estão disponíveis nas Figura 23 a Figura 26, reforçando-se que estas análises não se referem ao conteúdo da resposta, sendo apenas o registro da proporção de municípios que preencheram os indicadores analisados

Figura 23: Proporção dos municípios (%) que cadastraram informações do grupo CA (004, 005, 006, 007, 008) no SNIS para cada ano.



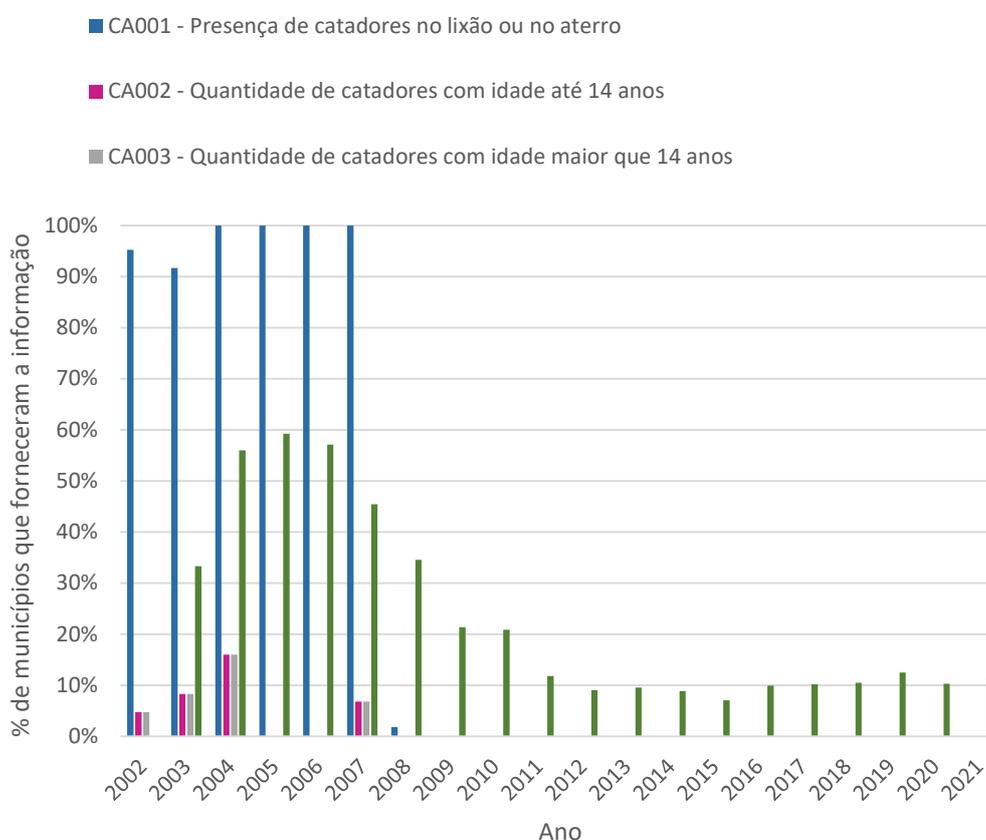
Fonte: Autora (2024).

A Figura 23 apresenta a proporção de municípios que cadastraram as informações referentes aos catadores (CA004, CA005, CA006, CA007 e CA008) para cada ano da série histórica. Assim, foi possível visualizar um comportamento similar entre esses campos do SNIS relacionados com os catadores, predominando cadastro destes campos para mais de 80% dos municípios respondentes. Porém, observa-se uma queda da proporção de municípios respondentes para estes campos entre 2011 e 2015, pois

constatou-se que em torno de 50% dos municípios cadastrados para cada ano preencheram estes cinco campos. Outro ponto a ser destacado é que CA005, CA006 e CA007 foram preenchidos pela mesma quantidade de municípios em toda a série. Este comportamento pode ser resultado de a fonte destas informações ser a mesma, pois todos se referem às cooperativas e associações de catadores de materiais recicláveis.

A Figura 24 também apresenta a proporção de municípios cadastrados para cada ano de acordo com os dados sobre catadores: porém, observa-se um comportamento mais inconstante e diferente entre os diferentes dados. Vale destacar o campo CA001 (Presença de catadores no lixão ou no aterro), pois em 2018 houve uma queda brusca de municípios que forneceram esta informação, e a partir de 2019 não foi constatado preenchimento deste campo. Uma vez que o gráfico está apenas contabilizando se o campo foi preenchido ou não, independente da resposta ser positiva ou negativa, isto retrata que a falta de transparência por parte dos gestores, somada com a falta de orientação ou punição para preenchimentos inadequados compromete a qualidade do Sistema.

Figura 24: Proporção dos municípios (%) que cadastraram informações do grupo CA (001, 002, 003 e 009) no SNIS para cada ano.



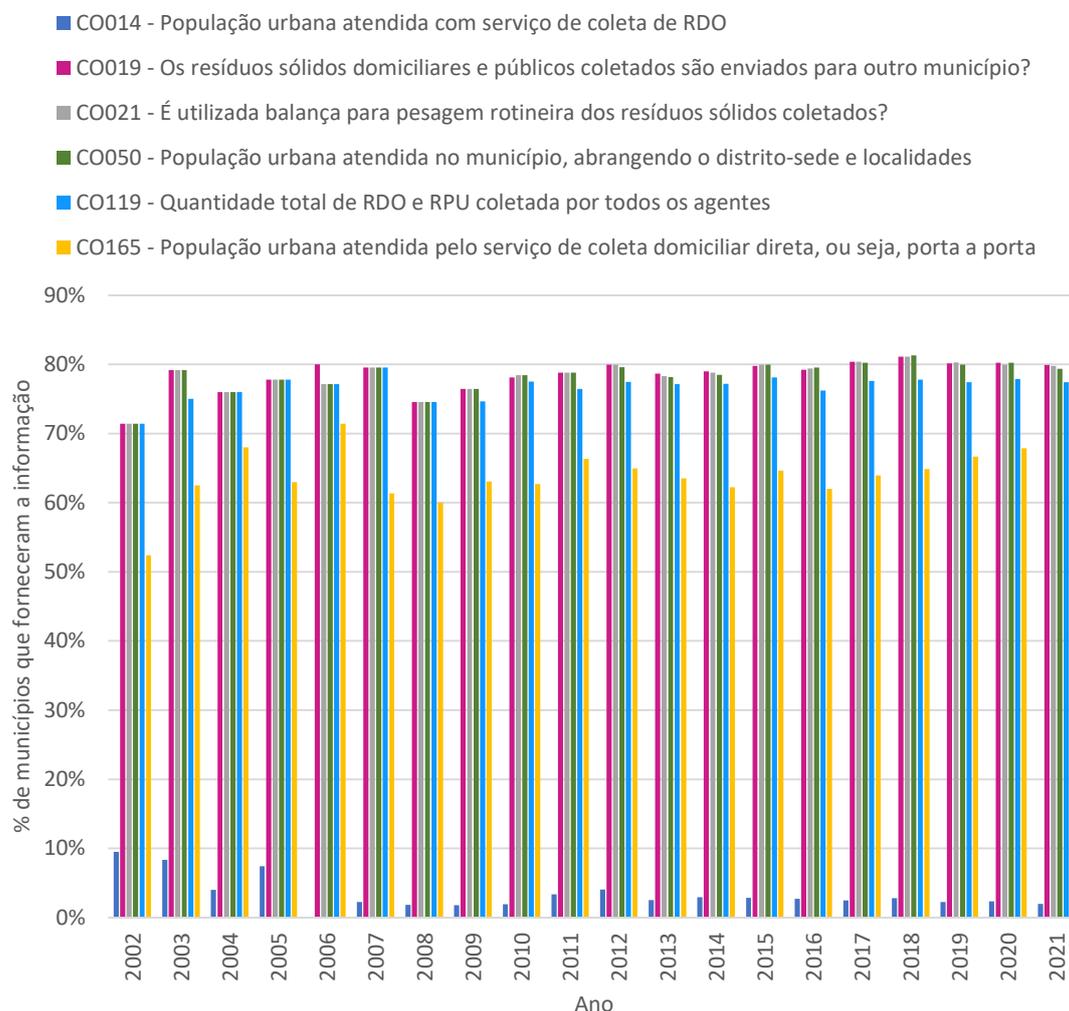
Fonte: Autora (2024).

Segundo o “Atlas da reciclagem” (Ancat, 2022), o número de catadores autônomos atuando em lixões registrados no SNIS (ano-base 2020) pode estar subestimado, pois o Atlas considera como uma possibilidade a não declaração desta informação por parte dos municípios por estarem infringindo a legislação. Em outras palavras, há a possibilidade de que os gestores responsáveis pelo autocadastramento no Sistema opte pela omissão de dados para não evidenciar o não atendimento das Leis Ambientais. Essa hipótese é reforçada se for ponderado a inexistência de auditoria/verificação dos dados cadastrados e que o cadastro de uma única informação já é considerado como adimplente ao SNIS. Enfim, considera-se que este comportamento pode ser atribuído para outras variáveis que também não foram preenchidas devidamente pelos municípios.

A Figura 25 apresenta a porcentagem de preenchimento dos campos referentes à coleta regular de resíduos sólidos (CO), considerando apenas os municípios respondentes. As informações CO019, CO021, CO050 e CO119 também tiveram um comportamento mais consistente em toda a série histórica, sendo observado que mais de 70% dos municípios cadastrados forneceram estas informações em toda a série histórica.

As informações CO014 e CO165 apresentaram comportamentos opostas nos primeiros anos da série. Quando a quantidade de municípios que forneceram a informação CO014 diminuía, a quantidade de municípios para o dado CO165 aumentava. Este resultado não era o esperado, pois a obtenção de ambos os dados pode ser realizada de forma conjunta e conseqüentemente o preenchimento de ambos seria equivalente ou mais semelhante. Dessa forma, há a possibilidade de que as próprias prefeituras não tenham controle sobre a extensão do serviço prestado ou não compreendam as definições e conceitos referentes aos serviços de limpeza e manejo de RSU.

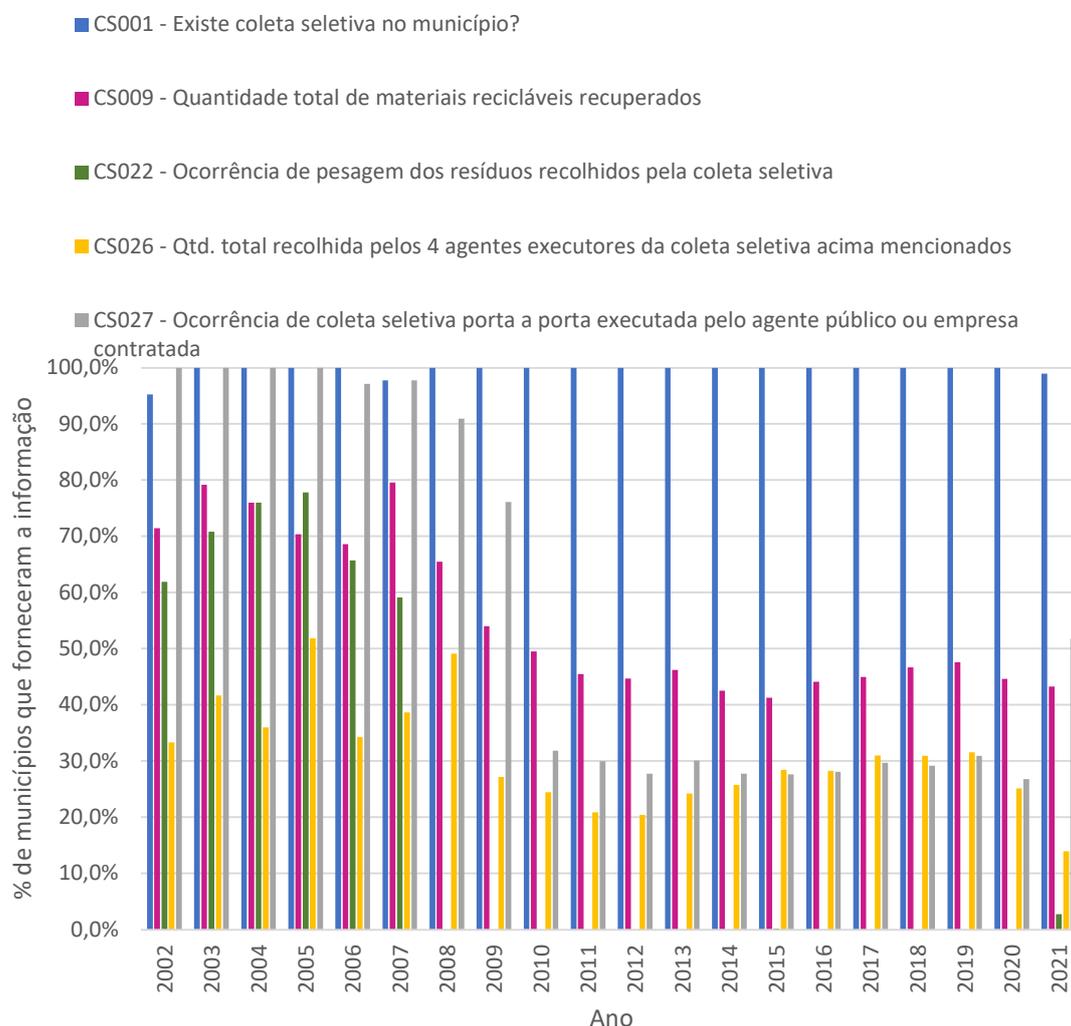
Figura 25: Proporção dos municípios (%) que cadastraram informações do grupo CO (014, 019, 021, 050, 119, 165) no SNIS para cada ano.



Fonte: Autora (2024).

A Figura 26 apresenta a porcentagem de respostas para os campos referentes à coleta seletiva (CS). É nítido que o fornecimento do campo CS001 se mostrou consistente em quase toda a série histórica, sendo próximo a 100%. Ressalta-se aqui que este resultado não implica na existência de coleta seletiva, mas que quase todos os municípios que cadastraram informações no SNIS em cada ano preencheram este campo, podendo a resposta ser “sim” ou “não”. Isto fortalece a hipótese levantada quanto à facilidade das administrações em fornecer dados categóricos, que não se verificam ao analisar o conjunto e menos ainda se houver verificações no local.

Figura 26: Proporção dos municípios (%) que cadastraram informações do grupo CS (001, 009, 021, 026 e 027) no SNIS para cada ano.



Fonte: Autora (2024).

As análises realizadas se limitam à proporção de municípios que preencheram os campos, não sendo investigado o conteúdo das respostas. No caso do indicador CS001, por exemplo, 98,9% dos municípios cadastrados (753 de 761 municípios) preencheram o campo com “Sim” ou “Não” em 2021. Observa-se a queda acentuada no fornecimento da informação CS027 após 2009 e um comportamento mais constante do dado CS026, se comparada com outros campos apresentados anteriormente. Novamente, o dado quantitativo apresentou uma menor proporção de municípios declarantes, mesmo com fornecimento mais constante no decorrer da série histórica.

O comportamento do indicador CS022 é extremamente insatisfatório, pois a partir de 2009 os municípios pararam de cadastrar se havia ou não pesagem dos materiais recicláveis, havendo registro em 2015 (0,2% dos municípios) e 2021 (2,8% dos

municípios) apenas. Este dado é extremamente relevante para se diagnosticar o sistema de coleta seletiva e buscar melhorar a prestação deste serviço com sustentabilidade econômico-financeira, assim como para identificar o potencial do mercado de reciclagem para cada município ou região. Ademais, denota o grau de eficiência da gestão de RS como um todo, visto que quantidades irrisórias e inalteradas deixam evidente a despreocupação da administração local em melhorar a oferta do serviço.

Os gráficos anteriores indicam a falta de comprometimento dos gestores municipais e que os dados solicitados pelo SNIS não foram fornecidos devidamente, dada a variação da quantidade de municípios que preencheram o campo por ano. Com exceção de CS001 (Existência de coleta seletiva no município), que teve um comportamento mais constante em toda a série histórica disponível, fortalecendo a hipótese levantada anteriormente sobre a facilidade de fornecer dados categóricos. Dessa forma, identifica-se uma demanda de se investigar a limitação das administrações em levantar as informações e cadastrar no sistema, pois assim, seria possível buscar soluções para capacitar os responsáveis pelo autocadastramento.

Além da capacitação técnica, há a possibilidade de que os administradores municipais não atribuam a devida relevância ao tema, seja por questões de qualidade ambiental ou por questões legais, podendo resultar em um preenchimento tardio (próximo ao prazo limite) e com dados sem a devida validação.

Entretanto, apesar do comportamento descontínuo se manter em toda a série e para diversos indicadores, observa-se que, após 2010, houve mudanças nos comportamentos das curvas. Por exemplo, as informações do grupo CA apresentaram uma queda após 2010, comportamento contrário ao esperado, considerando a promulgação da PNRS. O Grupo CA (Catadores) foi o que apresentou um comportamento semelhante entre as variáveis, ou seja, a proporção de municípios (do total cadastrado para cada ano) que forneceram estas informações na série histórica permaneceu entre 80% e 100%, exceto entre 2011 e 2015.

Há a possibilidade deste fenômeno ter tido influência do resultado das eleições presidenciais (2010 e 2014) e municipais (2012), pois este comportamento atípico ocorreu durante 4 anos, similar à duração de um mandato. Ademais, é o período imediatamente seguinte à promulgação da lei nacional. Recomenda-se, portanto, uma investigação aprofundada sobre a influência da ação do poder executivo sobre este fenômeno, buscando identificar a existência de alguma correlação e propor meios para contornar

isto, pois fatores políticos não deveriam comprometer a busca pela sustentabilidade e pela qualidade da gestão do setor de resíduos sólidos.

Há o caso em que os dados faltantes foram decorrentes da exclusão ou adaptação de determinado campo. Por exemplo, CO139 (Distância média da coleta de RDO e RPU desde o centro de massa até o descarregamento) passou a não apresentar municípios cadastrados a partir de 2009. Segundo o glossário do SNIS de Resíduos Sólidos de 2018, esse indicador não existe mais, ou seja, a ausência de municípios cadastrados não representa, de fato, uma falta de comprometimento em fornecer os dados de forma completa, mas que o próprio sistema foi atualizado e isso não está evidente na série histórica. Essas alterações dos indicadores devem ser investigadas caso a caso para se ter uma visão mais completa e real da série histórica, seja de um município individualmente ou de macrorregiões.

Este retrato pode dar a impressão de que, antes ou depois de determinado instante de tempo, o dado inexistente, não condizendo com a realidade. Essa limitação do sistema poderia ser contornada com legendas explicativas no próprio sistema, de tal forma que se destacassem aquelas informações que deixaram de existir ou que foram criadas recentemente. Além disso, a interpretação requer uma visão bastante crítica e um mínimo de conhecimento do gestor, resultando em uma correta análise e extrapolação para a elaboração de diagnósticos, planos de ações e metas, em prol do aprimoramento da gestão municipal de RS.

Outra limitação do SNIS identificada foi a qualidade dos dados cadastrados, porque não há como garantir a veracidade/exatidão/verossimilhança das informações, uma vez que os dados são autodeclaratórios. Os possíveis erros ou discrepâncias de um único município podem impactar no cálculo da performance relativa na análise envoltória de dados como um todo, ou seja, não somente no cálculo da performance de uma única unidade ao qual o dado errado pertence (Cooper; Seiford; Zhu, 2011).

Este problema poderia ser contornado com auditorias e certificação de cadastro, a exemplo do projeto Acertar (SNSA, 2017; Castro *et al.*, 2019), que atualmente (2024) é voltado apenas para os temas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Outra solução seria a impossibilidade de cadastrar dados absurdos, como taxa de reciclagem superior a 100%: o próprio sistema poderia impedir o prosseguimento do cadastro enquanto o gestor não corrigisse a informação. Em outros casos, onde não fosse tão absurda a resposta mas, mesmo assim, suscitasse dúvidas, o sistema deveria/poderia pedir

esclarecimentos e justificativas quando a resposta ultrapassasse um valor pré-definido: por exemplo, quando se declara mais de 90% de coleta convencional, em situações que limitações da cidade são evidentes em outras respostas.

Enfim, no geral foram identificadas uma elevada quantidade de lacunas temporais, a heterogeneidade dos municípios cadastrados por ano e a qualidade questionável das informações, concordando com as limitações do SNIS pontuadas por Costa (2015), que foi apresentada na seção de revisão bibliográfica desta tese. Isso mais que limita, prejudica a atuação eficiente dos gestores públicos, tanto em escala municipal, estadual ou até federal. Apesar de as promulgações das Leis terem impactado a participação municipal no cadastramento no sistema, ainda persiste um elevado índice de inadimplência dos municípios mineiros e as orientações sobre a forma de coleta e cadastramento das informações se mostram insuficientes.

Somado a isso, o próprio Planares identifica a demanda em melhorar a qualidade dos sistemas de informação, sendo previsto na “Diretriz 2B – Ampliar, aperfeiçoar e consolidar os sistemas de informação sobre resíduos sólidos”, as seguintes estratégias:

Estratégia 9: Simplificar o preenchimento do SNIS-RS, aperfeiçoar metodologias e ferramentas de nivelamento das informações e ampliar sua utilização, bem como do SINIR, pela totalidade dos municípios.

Estratégia 10: Promover capacitação para os técnicos dos estados e municípios atuantes no setor de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos.

Estratégia 11: Fomentar a transparência e facilitar o acesso às informações, visando à qualificação das discussões e participação social no acompanhamento da execução do Planares. (MMA, 2022a, p. 161).

Uma vez que o formato atual se mostra insuficiente para promover o adequado fornecimento dos dados pelas gestões municipais, ou seja, a ferramenta não está cumprindo plenamente o seu objetivo conforme previsto nas legislações, sugere-se, o uso de mecanismos de sanção – até com punição - para os inadimplentes e/ou os municípios que cadastram informações incorretas, e que haja recompensas para as administrações que estiverem regulares com o SNIS.

Outra sugestão para tal limitação identificada é a capacitação dos gestores, por meio de treinamentos e distribuição de materiais didáticos, em conjunto com estratégias para garantir o uso efetivo destes materiais. O conteúdo poderia estar voltado para a importância para o coletivo do correto monitoramento e para benefícios para a nação quando os dados de saneamento são corretos e devidamente fornecidos, tais como coletar dados quantitativos, como organizar as informações no decorrer do ano para facilitar o

levantamento/registro de todas as informações, e atualização dos conceitos relacionados ao manejo de resíduos sólidos e à legislação ambiental.

Conforme bem pontuado no Planares (Mma, 2022a), a eficácia dos esforços para alcançar as metas estabelecidas precisa ser medida e acompanhada. No Plano, é previsto o uso do SINIR, mas que também vale para o SNIS e futuramente o SINISA. A partir desses sistemas de informação, é possível monitorar os avanços na gestão dos resíduos em diferentes recortes geográficos, desde o municipal ou conjunto de municípios, consórcios, até os níveis estadual, regional e nacional.

5.2. Análise de eficiência

5.2.1. Seleção das variáveis e da área de estudo

Após a exclusão das variáveis de acordo com a metodologia apresentada na seção 4.2.1., a área de estudo resultante conta 633 municípios mineiros (Figura 27), os quais representam 87,5% da população total do estado, e 14 variáveis (6 entradas e 8 saídas).

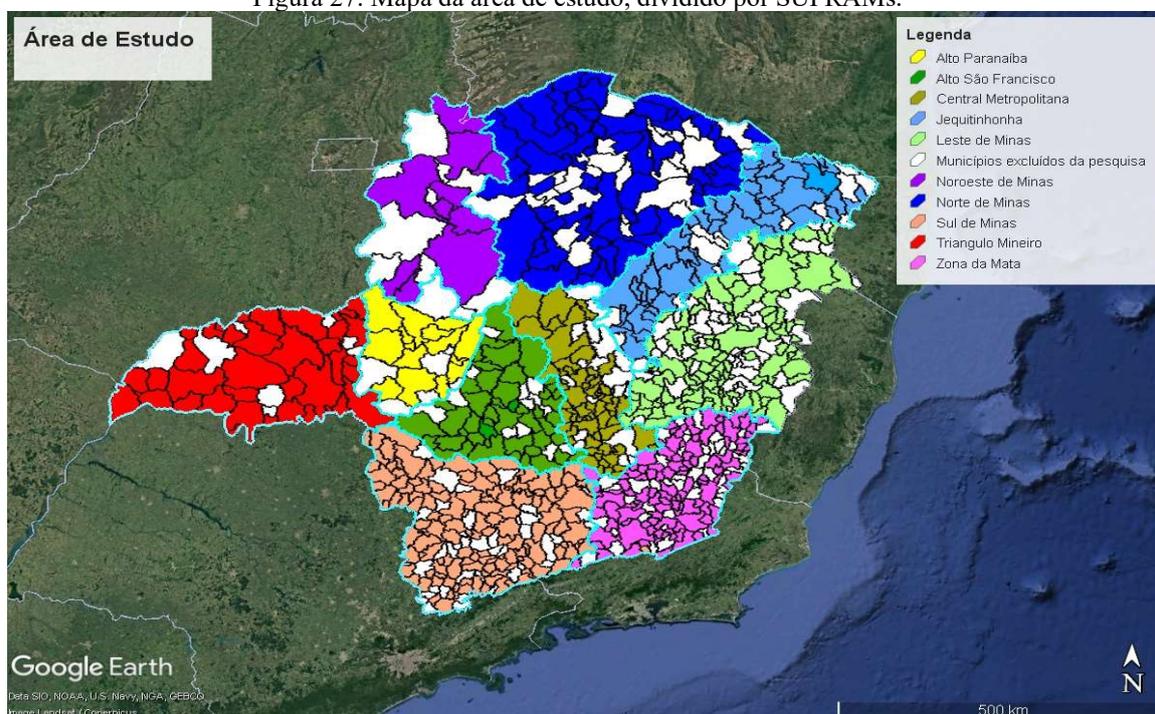
As informações selecionadas para esta pesquisa foram:

- CA005: Existem catadores organizados em Cooperativas ou Associações?
- CA006: Quantidade de entidades associativas;
- CA007: Quantidade de associados;
- CA008: Existe algum trabalho social por parte da prefeitura direcionado aos catadores?
- CO050/Purb: Proporção da população urbana atendida em relação à população urbana total (%)⁹;
- CO119/Purb: Quantidade total de RDO e RPU coletada por todos os agentes por habitante (tonelada/hab.ano)¹⁰;
- CO165/Purb: Proporção da população urbana com coleta porta-a-porta em relação à população urbana total (%)¹⁰;
- CS001: Existe coleta seletiva no município?
- FN201: A Prefeitura (Prestadora) cobra pelos serviços de coleta regular, transporte e destinação final de RSU (Antigo campo GE012);

⁹ Variáveis adaptadas para este estudo a partir dos dados do SNIS (2023), referente ao ano 2021.

- FN220/Purb: Despesa total com serviços de manejo de RSU por habitante (Antigo campo GE007) (R\$/hab.ano)¹⁰;
- FN220/FN223: Proporção da Despesa total com serviços de manejo de RSU em relação aos gastos municipais com demais serviços (educação, segurança, saúde etc.) (%)¹⁰;
- PO042 - O município é integrante de algum CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL regulamentado pela Lei nº 11.107/2005 que tenha entre suas atribuições específicas a gestão ou prestação de um ou mais serviços de manejo de RSU (serviços de coleta de resíduos domiciliares ou públicos, operações de aterro sanitário etc.);
- PO048 - O Município possui Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) conforme a Lei nº 12.305/2010 que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos?
- TB015: Quantidade total de trabalhadores remunerados envolvidos nos serviços de manejo de RSU (Antigo campo GE058).

Figura 27: Mapa da área de estudo, dividido por SUPRAMs.



Fonte: Autora (2024).

A decisão da quantidade de variáveis a ser incorporada na análise é particularmente relevante quando o tamanho da amostra é modesto se comparado com o número de variáveis (Peyrache; Rose; Sicilia, 2020). Entretanto, pelo recorte final da área de estudo,

o tamanho da amostra é suficientemente grande para que a seleção das variáveis não se tornasse um problema, além de ter sido verificado o atendimento de todas as regras mencionadas anteriormente.

Uma vez que a ferramenta *DEA* permite o uso de variáveis contínuas, ordinais ou categóricas, mantiveram-se as cinco variáveis categóricas/binárias, cujas respostas são “sim” ou “não”, assim como realizado por Petridis e Dey (2018), Lamera, Figueiredo e Zavala (2008) e Lozano e Villa (2005). Para incorporar tais dados no estudo, seguiu-se a recomendação feita por Banker e Morey (1986), que foram responsáveis pela apresentação do primeiro modelo para lidar com este tipo de situação.

O modelo dos autores sugere que, no caso em que as variáveis categóricas não são controláveis pelos gestores, o seu tratamento envolve a substituição dessa variável por um conjunto de variáveis binárias, de acordo com o número de categorias. Este procedimento foi considerado como adequado para este estudo, pois mesmo que os gestores tenham poder para alterar estas variáveis, este processo demanda a atuação de diversos agentes e não é trivial, como por exemplo a elaboração de um plano de gestão de resíduos sólidos. Assim, os dados categóricos cujas respostas fornecidas consistiam em “sim” ou “não”, foram substituídos por 1 e 0 respectivamente.

Dado o tamanho da amostra ($n=633$) e número de variáveis (14), os dados extraídos do SNIS utilizados como entrada na Análise Envoltória de Dados não foram incorporados na tese, por questões de legibilidade. Entretanto, ressalta-se que estes dados são abertos e estão disponíveis na plataforma do SNIS – Série Histórica (SNIS, 2023). Por fim, reitera-se que o número de observações elevado garante o cumprimento das condições mencionadas anteriormente (referente à quantidade de entradas e saídas), é mais representativo e, de acordo com Bezerra, Sonza e Ribeiro (2021), quanto maior o número de *DMUs* mais confiável a análise.

Em seguida, aplicou-se o teste de normalidade, mais especificamente o teste *Shapiro-Wilk*. A partir do resultado, os testes posteriores foram selecionados de acordo com as recomendações bibliográficas. O teste de *Shapiro-Wilk* possui as seguintes hipóteses:

$$\begin{cases} H_0: \text{Os dados seguem distribuição normal;} \\ H_1: \text{Os dados não seguem distribuição normal.} \end{cases}$$

As hipóteses são testadas pela estatística *W*, que terá um valor de significância associada (*p*-valor). Caso o valor de *p* seja maior que o nível de significância adotado,

normalmente $\alpha = 0,05$, pode-se concluir que a distribuição dos resíduos não é significativamente diferente de uma distribuição normal. Todas as variáveis em estudo não passaram no teste de normalidade, retornando um p-valor de $2,2 \times 10^{-16}$.

Assim, aplicou-se a análise de correlação de *Spearman*, pois os dados não passam no teste de normalidade, exigindo assim o uso de um teste não paramétrico. Esta é uma medida de correlação de postos, isto é, dependência estatística entre a classificação de duas variáveis. O grau de correlação ρ entre dois vetores é dado pela razão entre a covariância e o produto dos seus desvios-padrão. O coeficiente de determinação R^2 , dado pelo quadrado do grau de correlação, é uma medida de quão bem os dados se ajustam à reta de regressão, sendo que quanto mais próximo do módulo de um, maior será o ajuste do modelo. Esta análise também foi realizada no *software* RStudio, cujo código está no Apêndice B.

Os coeficientes obtidos estão apresentados na Tabela 5. Observa-se que as variáveis CA005, CA006 e CA007 são altamente correlacionadas, pois todos os coeficientes obtidos são superiores a 0,98 (destacados em vermelho). Este resultado foi considerado coerente, pois as três informações retratam a situação dos catadores de materiais recicláveis e cooperativas. Assim, optou-se em excluir dois destes e manteve-se a variável CA007 (Quantidade de associados), resultando no uso da *DEA* com 12 variáveis.

Tabela 5: Coeficiente de correlação de Spearman das variáveis obtidas no SNIS, referente ao ano de 2021.

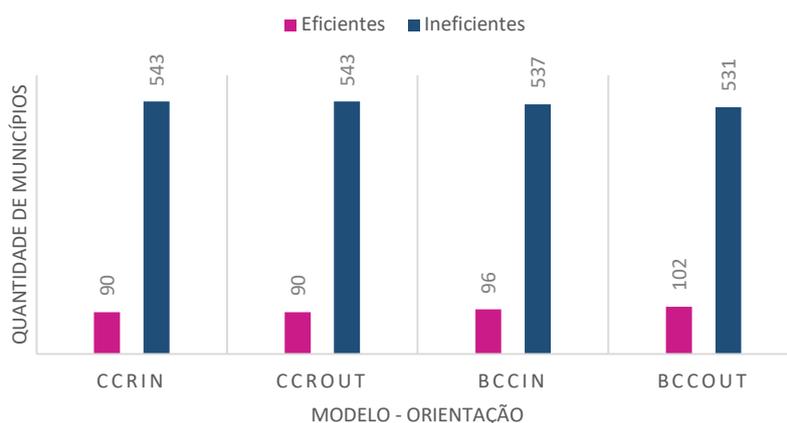
	Purb	CA005	CA006	CA007	CA008	CO050/Purb	CO119/Purb	CO165/Purb	CS001	FN201	FN220/Purb	FN220/FN223	PO042	PO048	TB015	
Purb	1.000															
CA005	0.512	1.000														
CA006	0.526	0.994	1.000													
CA007	0.546	0.984	0.988	1.000												
CA008	0.298	0.494	0.483	0.483	1.000											
CO050/Purb	-0.040	0.018	0.020	0.014	-0.030	1.000										
CO119/Purb	-0.019	0.033	0.030	0.034	0.039	0.028	1.000									
CO165/Purb	-0.051	0.011	0.015	0.008	-0.021	0.790	-0.002	1.000								
CS001	0.375	0.596	0.603	0.604	0.342	-0.028	-0.020	0.029	1.000							
FN201	0.272	0.205	0.212	0.220	0.132	0.066	0.043	0.074	0.258	1.000						
FN220/Purb	-0.388	-0.177	-0.177	-0.181	-0.119	0.097	0.097	0.106	-0.103	-0.028	1.000					
FN220/FN223	0.204	0.028	0.032	0.033	0.021	0.011	-0.008	0.031	0.045	0.075	0.485	1.000				
PO042	-0.005	0.129	0.120	0.106	0.029	0.066	-0.095	0.049	0.125	-0.009	-0.008	-0.050	1.000			
PO048	0.136	0.207	0.202	0.208	0.203	0.044	-0.015	0.063	0.203	0.136	0.005	0.032	0.119	1.000		
TB015	0.794	0.423	0.438	0.461	0.273	-0.011	0.003	-0.007	0.323	0.210	-0.116	0.279	-0.033	0.148	1.000	

Fonte: Autora (2024).

5.2.2. Análise Envoltória de Dados

Dado o tamanho da amostra grande, optou-se por apresentar a quantidade total de cidades eficientes e ineficientes, em relação à GRSU baseando-se nas variáveis do SNIS ano-base 2021, para cada variação da *DEA*, na Figura 28.

Figura 28: Quantidade de municípios classificadas como eficientes e ineficientes pela *DEA*¹⁰, de acordo com o modelo (CCR e BCC) e orientação (*input* e *output*).



Fonte: Autora (2024).

Observa-se que as duas orientações para o modelo CCR retornaram a mesma quantidade de municípios eficientes, o que é esperado conforme Adler, Friedman e Sinuany-Stern (2002). Porém, os demais resultados parciais do método diferiram, como as folgas, alvos e lambdas. Isto reforça que a escolha do modelo e orientação é uma etapa crucial para o tomador de decisão, pois este deve buscar aquele resultado que permita a proposição mais realista de melhorias.

Esperava-se que, para todas as variações da *DEA*, a quantidade de municípios eficientes fossem menor. Isso, considerando os dados do SNIS que foram considerados como entrada nos modelos. Porém, como a técnica realiza a análise de eficiência por comparação entre as unidades, considerou-se o resultado plausível, pois, no geral, o panorama dos municípios mineiros não é favorável, conforme os dados da Semad (2022b) apresentados na Revisão Bibliográfica.

A partir disso, é possível verificar que as médias dos valores dos escores de eficiência são próximas, sendo o resultado do BCCout o mais distoante, pois a mediana observada é maior e a faixa de valores dos outliers é menor (o valor mínimo é 0,74). Este

¹⁰ CCRin – Modelo CCR orientado para *entrada*; CCRout – Modelo CCR orientado para *saída*; BCCin – Modelo BCC orientado para *entrada*; BCCout – Modelo BCC orientado para *saída*

fenômeno foi atribuído ao elevado número de observações ($n=633$), pois até as pequenas diferenças são consideradas como discrepantes da amostra total. Além disso, os escores apresentaram uma variância pequena, sendo todos na ordem de 10^{-2} , e apenas a variação BCCout na ordem de 10^{-3} . Outro fator a ser destacado aqui é a grande quantidade de *outliers* para todas as variações, sendo o caso do BCCout o que mais se destaca em termos de valores.

Entretanto, deve ser esclarecido que o valor próximo a 1 não deve ser interpretado como uma gestão de RSU de alta qualidade e eficiente. O método considera uma *DMU* eficiente se, e somente se, o escore de eficiência for igual a 1 e o somatório das folgas for igual a zero. Conforme Cooper, Seiford e Zhu (2011), uma *DMU* pode apresentar uma falsa eficiência, fenômeno conhecido como “baixa discriminação entre as *DMUs* analisadas”, isso quando algumas das variáveis utilizadas se beneficiam de alguma das unidades produtoras. Reforça-se que estes escores são calculados pelo modelo por meio de comparação entre as unidades. Portanto, dada uma amostra e variáveis, o município pode ser classificado como eficiente, mas qualquer alteração nos parâmetros iniciais a unidade pode se tornar ineficiente.

Apesar do modelo CCR ter apresentado um resultado mais pessimista, resultado das hipóteses mais restritivas quando comparado com o modelo BCC, optou-se pelo modelo BCC (variável em escala), conforme a recomendação de Halkos e Petrou (2019). Os autores considerarem mais apropriado o uso do modelo BCC, por causa da imperfeição das informações, regulamentações governamentais e restrições financeiras. Ademais Sarra, Mazzocchitti e Rapposelli (2017) recomendam este modelo quando o objetivo é considerar ineficiências no nível gerencial de um determinado processo ou atividade.

Complementarmente a isto, Benicio e Mello (2015) apresentam que o modelo BCC considera que em diferentes situações as condições que influenciam a produtividade também são diferentes. Nesta pesquisa, as *DMUs* consistem nos municípios mineiros, os quais são considerados como homogêneos em relação a prestação dos serviços da gestão de RSU, mas as mesmas atuam em diferentes escalas, dado o porte municipal. Por exemplo, João Pinheiro é o município com a maior extensão territorial (10.727,1 km²) e população urbana estimada em 2021 de 38.978 habitantes (densidade de 3,6 hab/km²), enquanto que Belo Horizonte possui uma área de 331,4 km² e população superior a 2,5

milhões de habitantes (densidade igual a 7.543,7 hab/km²), segundo dados do SNIS (2023) referentes ao ano de 2021¹¹

Em relação a orientação, optou-se pela entrada por três motivos: (i) as variáveis adotadas como entradas no modelo são mais controláveis pelas administrações municipais em relação às saídas (Worthington; Dollery, 2001); (ii) a quantidade de municípios eficientes foi menor quando comparada com o resultado do BCCout, resultando em uma maior margem para melhorias dos municípios mineiros; e (iii) medir quanto o produto pode ser maximizado sem se alterar o insumo, que no setor público é fixado em Lei (Bittelbrunn *et al.*, 2016). Dentre os 96 municípios eficientes, observou-se que a maioria (86 cidades) possui população inferior a 100.000 habitantes, 8 municípios têm população entre 100.00 e 500.000 habitantes, 2 municípios têm população superior a 500.000 habitantes, com destaque a Belo Horizonte cuja população estimada disponível no SNIS foi superior a 2,5 milhões.

5.2.3. Agrupamento dos municípios – análise de eficiência por regiões

Neste capítulo serão discutidas as eficiências médias estimadas para grupos de municípios. Os agrupamentos realizados foram baseados em divisões territoriais já existentes em Minas Gerais, sendo estes: Arranjos Territoriais Ótimos, SUPRAMs e Consórcios Intermunicipais de Gestão de Resíduos Sólidos (referente ao ano de 2021 e segundo informações cruzadas entre os *sites* dos consórcios e Semad (2022b, 2022c).

Arranjos Territoriais Ótimos

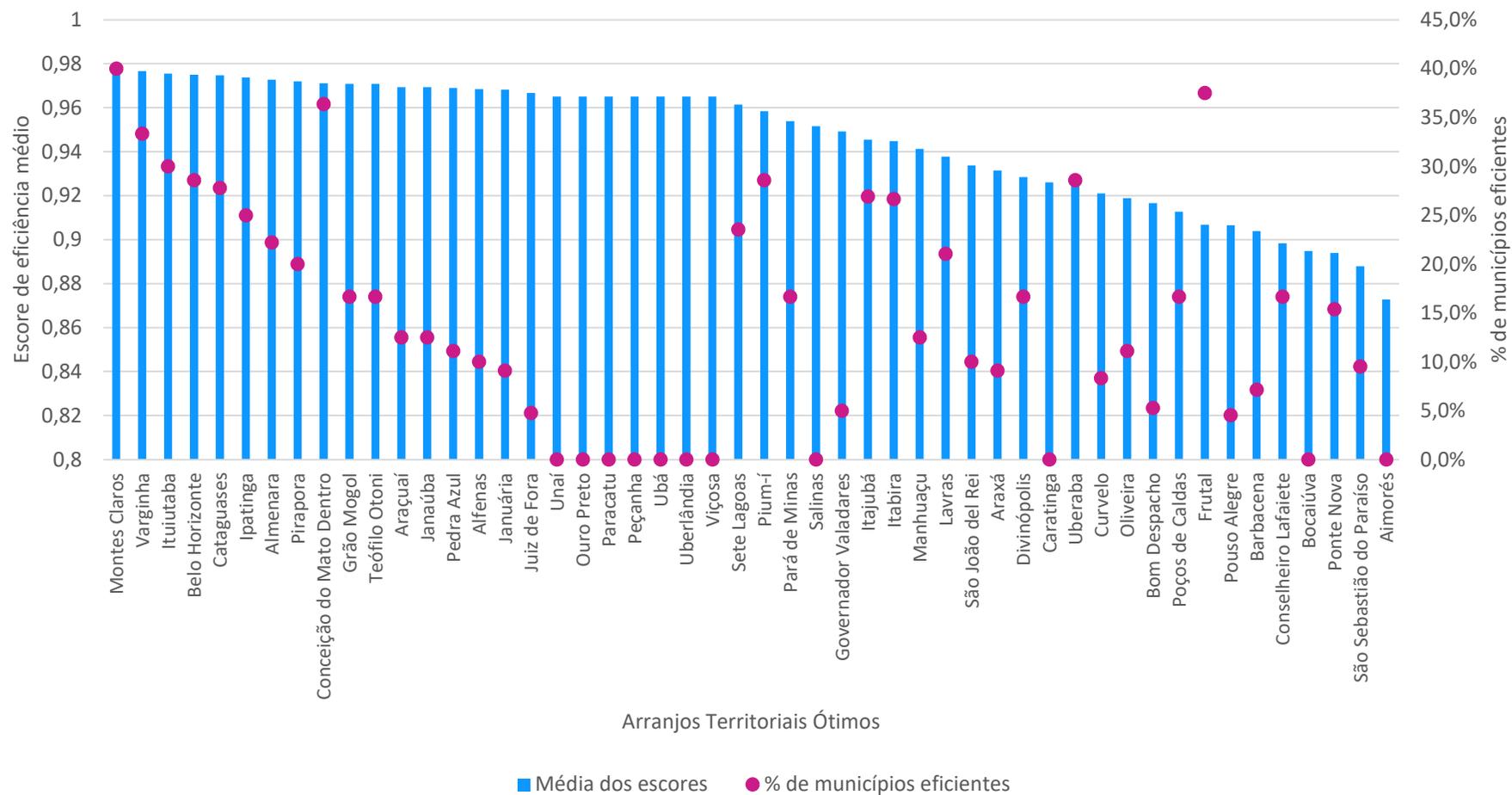
Os escores de eficiência média para cada ATO e a proporção de municípios eficientes em cada Arranjo estão dispostos na Figura 29. Observa-se que nenhum ATO é totalmente eficiente, sendo o de Montes Claros o que possui o maior escore médio (0,98) com 40% dos municípios eficientes. Este ATO conta com 17 municípios, dos quais 10 fazem parte do escopo do estudo, representando 61.575 habitantes urbanos (SNIS, 2023) e integram o consórcio CODANORTE (Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento Ambiental Sustentável do Norte de Minas), criado em 2013 pela Lei nº 4.640/2013 (Silva, 2016).

¹¹ Os dados populacionais disponíveis no SNIS (ano-base 2021) foram estimados pelo IBGE, uma vez que o censo ainda não havia sido realizado. De acordo com o censo de 2022 (IBGE, 2023b), a população da capital mineira é de 2.315.560 habitantes.

Apesar de alguns Arranjos apresentarem um escore médio alto, não tiveram sequer um município considerado como eficiente pela ferramenta, como no caso do ATO “Cataguases”, que possui 24 municípios dos quais 18 integram esta pesquisa, representando 356.289 habitantes urbanos. Assim, o impacto socioambiental é maior dada a abrangência da população atendida por uma gestão eficiente, pois os cinco municípios eficientes do ATO Cataguases representa 250.205 habitantes, quatro vezes a população total dos dez municípios considerados do ATO Montes Claros.

No caso do ATO “Frutal”, há a possibilidade deste ter uma melhor qualidade na gestão do que indicado pelo escore médio de eficiência, uma vez que 37,5% dos 8 municípios foram eficientes apesar do valor do escore de eficiência ser 0,9. Vale mencionar que o gráfico e as análises referentes aos Arranjos se limitam a 50 ATOs, pois o ATO “21 – Patos de Minas” é formado por municípios que não foram incluídos nesta pesquisa dada a ausência de dados no SNIS.

Figura 29: Escore de eficiência médio e proporção de municípios eficientes para cada ATO.

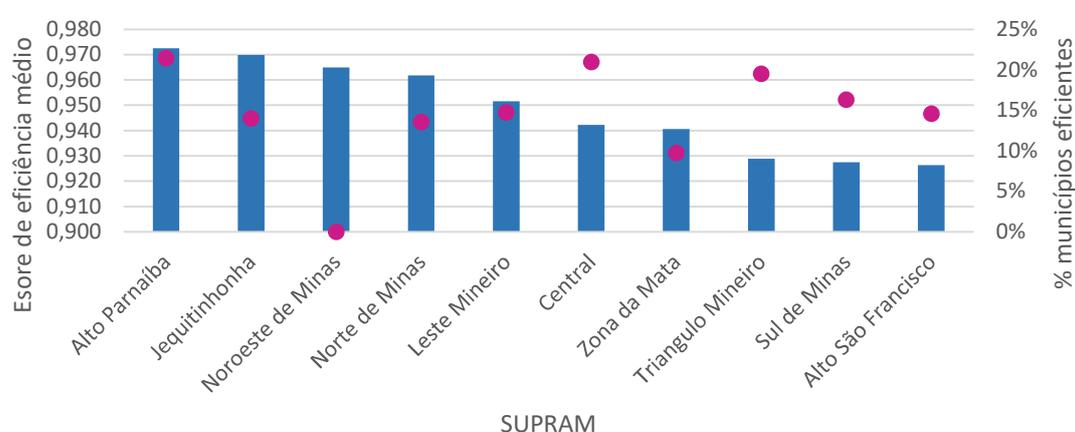


Fonte: Autora (2024).

Superintendências Regionais de Meio Ambiente (SUPRAMS)

A Figura 30 indica que, pela média, as SUPRAMs Alto Parnaíba e Jequitinhonha são as mais eficientes, com escore de eficiência médio em torno de 0,97. No caso da SUPRAM Alto Parnaíba, apenas 3 municípios (representando 209.485 habitantes urbanos) das 15 (508.749 habitantes urbanos) são de fato eficientes, as demais tiveram um escore de 1 (adaptado aqui para 0,965 como explicado anteriormente) e a soma dos slacks foram diferente de zero.

Figura 30: Escore de eficiência médio e proporção de municípios eficientes por SUPRAM.



Fonte: Autora (2024).

Assim como na análise anterior, o ordenamento das eficiências pelas SUPRAMs deve considerar também a quantidade de municípios classificados como eficientes pela *DEA* além do escore médio. Por exemplo, a SUPRAM Jequitinhonha é a segunda melhor classificada pelo escore com a proporção de municípios eficientes em torno de 15%, o que representa 9 municípios (P_{urb} igual a 127.232 habitantes) dos 50 pertencentes à esta Superintendência (P_{urb} igual a 428.697 habitantes). Enquanto a SUPRAM Noroeste de Minas, a qual possui 10 municípios e P_{urb} 162.361 habitantes, foi considerada a terceira maior média e possui nenhum município eficiente.

No caso da SUPRAM Sul de Minas, a qual teve o segundo menor escore médio de eficiência, a proporção de municípios eficientes se destaca, sendo em torno de 20% também, mas que representa 23 municípios eficientes (o maior número entre as SUPRAMs), com população urbana de 431.103 habitantes. Deve-se considerar também o porte de cada Superintendência, pois observa-se que existe uma grande variação da quantidade de municípios por SUPRAM, por exemplo, Noroeste de Minas possui apenas

10 municípios enquanto Sul de Minas conta com 141 municípios, sendo esta a mais populosa do Estado, totalizando 2.672.363 habitantes urbanos.

Consórcios Intermunicipais

Ao analisar os resultados das eficiências considerando a participação ou não de consórcio, Tabela 6, verifica-se que a eficiência média dos municípios sem consórcio é ligeiramente superior, sendo este um resultado não esperado. Ou seja, pela estatística descritiva a participação de consórcio não impacta de forma positiva o escore de eficiência. No geral, os descritores estatísticos são muito próximos entre os dois grupos, apresentando maior diferença na curtose, indicando que os municípios sem consórcio possuem um escore de eficiência mais distante da média.

Tabela 6: Estatística descritiva dos escores de eficiência dos municípios integrantes e não integrantes e consórcios.

	Sem consórcio	Com consórcio
Média	0,958	0,931
Erro padrão	0,004	0,005
Mediana	0,965	0,965
Modo	0,965	0,965
Desvio padrão	0,072	0,112
Variância da amostra	0,005	0,012
Curtose	29,623	6,141
Assimetria	-5,414	-2,698
Intervalo	0,5	0,5
Mínimo	0,5	0,5
Máximo	1	1
Soma	237,616	405,084
Contagem	248	435

Fonte: Autora (2024).

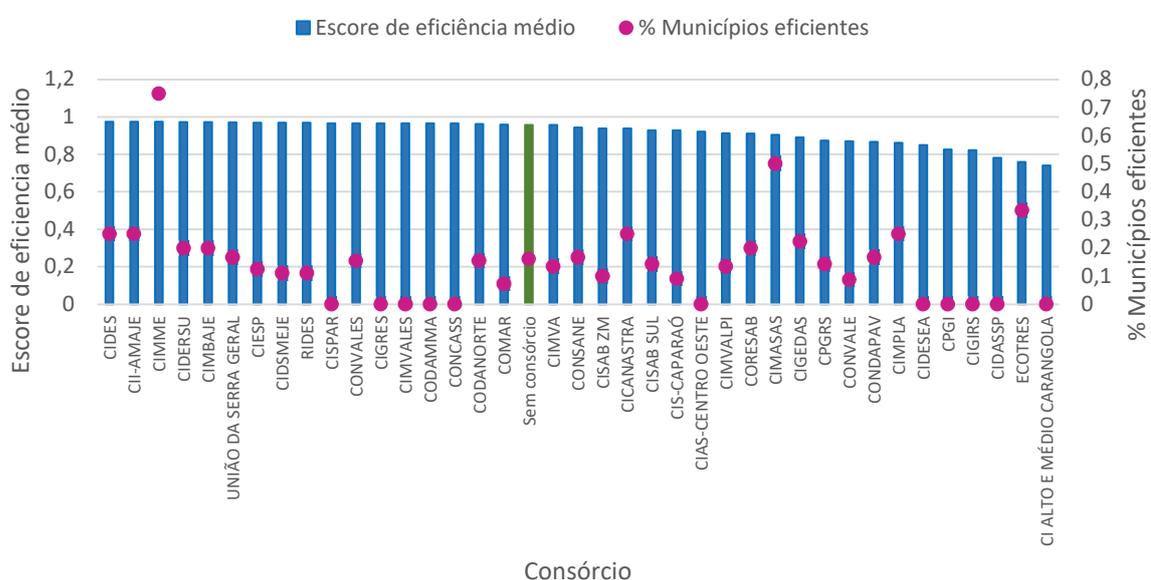
Isto reforça a hipótese levantada anteriormente de que os consórcios intermunicipais de gestão de resíduos em Minas Gerais podem estar limitados apenas à destinação final dos RSU, sendo recomendada a integração das demais etapas de manejo, tais como a implementação de coleta, coleta seletiva, logística reversa e programas sociais para os catadores de materiais recicláveis.

De acordo com o resultado do teste de Wilcoxon ($p\text{-valor} = 7,26 \times 10^{-5}$ com $\alpha = 0,05$), rejeita-se a hipótese nula, ou seja, os escores são diferentes. Porém, a estimativa da amostra para a diferença entre os grupos é de $-7,53 \times 10^{-5}$, ou seja, apesar de haver diferença estatisticamente significativa, a diferença prática é muito pequena, podendo ser

considerada como quase irrelevante. Somado a isso, deve ser destacado o elevado número de observações, pois isto influencia na maior sensibilidade do teste para pequenos valores.

Já a ordenação das eficiências médias por consórcio apoia o resultado anterior, pois nenhum destes foi considerado como eficiente (escore igual a 1). Além disso, o escore médio dos municípios sem consórcio se encontra próximo ao posicionamento central, conforme destacado pela cor vermelha na Figura 31. Inclusive, indica uma proximidade ligeiramente maior do consórcio CIDES (mais eficiente pela média, aproximadamente 0,97) do que do Consórcio Intermunicipal do Alto e Médio Carangola (pior média obtida, de aproximadamente 0,74).

Figura 31: Escore de eficiência médio e proporção dos municípios eficientes dos consórcios intermunicipais de gestão de RSU e do grupo de municípios não integrantes de consórcio.



Fonte: Autora (2024).

Deve ser mencionado que 48 municípios foram contabilizados mais de uma vez por participarem de mais de um consórcio, dos quais 8 foram classificados como eficientes. Ainda houve duas cidades (Pocrane e Raul Soares) que constavam como integrantes de três consórcios simultaneamente (Semad, 2022b), sendo estas contabilizadas três vezes.

Por fim, este resultado reforça que o ordenamento do escore de eficiência médio dos consórcios pode maquiar a realidade, principalmente nos casos em que os consórcios obtiveram escores médios de eficiência iguais, mas a quantidade de municípios eficientes, assim como a população urbana, diferem bastante, como no caso dos consórcios CISPAR, CIGRES e CONVALES.

Por fim, ao comparar as cinco regiões mais eficientes para as três divisões, constatou-se que não há predominância de uma grande região como eficiente, reiterando-se que o resultado obtido pela *DEA* (classificação de eficiência) foi considerada como limitado. No caso das SUPRAMS, predominou-se a região norte do Estado. No caso dos consórcios, também predominou a região norte, porém, houve um consórcio eficiente situado na região oeste, no caso o consórcio CIDES. Por último, os cinco ATOs mais eficientes se encontram de forma distribuída no mapa de Minas Gerais, pois cada Arranjo se encontrava em uma região de Minas Gerais. Dessa forma, não foi identificado uma macrorregião que predominasse gestões eficientes de resíduos sólidos.

5.2.4. Análise de correlação

Para a análise de correlação entre as variáveis e os escores de eficiência, utilizou-se a correlação de *Spearman*, pois todos os resultados de eficiência não passaram no teste de normalidade Shapiro-Wilk. Porém, como houveram municípios ineficientes com escores igual a 1 (por causa da soma dos *slacks* ser diferente de zero), estes escores foram substituídos pelo valor 0,965 (valor médio entre os dois maiores valores de escores) para que estes municípios não fossem considerados eficientes de forma equivocada nesta análise.

Os índices de correlação obtidos entre os escores de eficiência do modelo BCCin e as demais variáveis foram todas pequenas (inferiores a 0,34), conforme apresentado na Tabela 7. Este resultado reforça a percepção de que uma gestão integrada municipal de RSU depende de diversos fatores simultaneamente, consistindo em um sistema dinâmico, multifatorial e interdisciplinar (Kumar; Singh; Banerjee, 2020). Além disso, as soluções sustentáveis também tendem à complexidade, sendo o principal desafio tornar esta complexidade acessível à gestão local, permitindo a interdisciplinaridade e interoperabilidade (Silva; Prietto; Korf, 2019).

As variáveis que apresentaram maior correlação com os escores de eficiência, em módulo, foram CA008, PO042, FN220/Purb e CA007. Enquanto as variáveis que apresentaram a menor correlação, em módulo, foram TB015, CO050/Purb, CO165/Purb e CO119/Purb. Portanto, verifica-se que a quantidade de trabalhadores e dados de coleta (CO119, CO165 e CO050) interferiu menos na eficiência das gestões municipais do que informações referentes aos catadores de materiais recicláveis, PO042 (integrante de consórcio) e *Custo per capita* do serviço de manejo, para o ano de 2021.

Tabela 7: Coeficiente de correlação de Spearman entre os escores de eficiência (BCCin), população urbana e as variáveis de entrada da DEA.

Eff.adaptado	
Eff.adaptado	1
FN201	-0,182
FN220.P_{urb}	-0,248
FN220.FN223	-0,198
PO042	-0,259
PO048	-0,178
TB015	0,021
CA007	0,238
CA008	0,331
CO050.P_{urb}	-0,05
CO119.P_{urb}	0,067
CO165.P_{urb}	-0,063
CS001	0,175
P_{urb}	0,076

Fonte: Autora (2024).

Ao analisar o sinal dos coeficientes, constatou-se que as informações financeiras são inversamente correlacionadas com os escores. Este resultado era esperado, pois, quanto maior a despesa municipal com o serviço de manejo e coleta de RSU, menor será a sustentabilidade econômico-financeira. De acordo com a Secretaria do Tesouro Nacional (STN), a gestão de limpeza urbana é um dos maiores gastos das administrações municipais no Brasil, estando entre a terceira e a quarta maior despesa municipal (STN, 2019). No entanto, estudos voltados para os custos que envolvem o manejo de resíduos sólidos ainda são escassos, o que contribuiria para o desenvolvimento de ações direcionadas para a otimização dos gastos públicos (Ferreira; Barros, 2021).

Porém, curiosamente as variáveis PO042 (integrante de consórcio) e PO048 (existência de Planos de Resíduos) também apresentaram correlação inversa com os escores de eficiência, o que não era o esperado. Isto porque a existência de PMGIRS e a participação de consórcios deveria trazer benefícios para a operação do sistema, principalmente no caso de municípios de pequeno porte, como a maioria da amostra. Este resultado levanta as seguintes hipóteses: (i) a existência do plano não implica na obediência/observância do mesmo; (ii) o plano pode ser de baixa qualidade e pouco aderente à realidade local; e (iii) os consórcios estão limitados à etapa de destinação final dos RSU, e não lidam com o manejo como um todo.

Apesar da importância deste instrumento planejador, o mesmo precisa atender às exigências mínimas previstas na Lei (Brasil, 2010b). Por isso, é pertinente que o conteúdo

dos planos seja investigado, pois a existência de um plano de qualidade e sua obediência são cruciais para que a GRSU seja realizada adequadamente.

No caso dos consórcios, a hipótese (iii) levantada é apoiada por Duarte (2023, p. 74), pois o estudo cita que “na primeira década da PNRS a concepção dos consórcios intermunicipais era quase restrita à possibilidade de compartilhar um aterro sanitário entre municípios”. O autor ainda discorre sobre a origem de algumas regionalizações municipais (mesmo que não tenham resultado na formação de consórcios), que se deu pela implementação de aterros sanitários privados normalmente próximo a cidades de médio e grande porte. Pela ausência de outros aterros nas proximidades, os municípios tinham como solução a destinação para esses aterros privados, demandando compartilhamento da disposição final e de infraestruturas, como estações de transbordo.

Complementarmente, o diagnóstico dos consórcios de MG (Feam, 2014) identificou que havia a possibilidade de que alguns consórcios não atuem na prática. No caso, a criação seria apenas um emblema formal de demonstrar aos poderes públicos o interesse do município em gerir adequadamente os seus resíduos sólidos, o que não corresponderia à realidade. Novamente menciona-se que a integração de consórcio já era demandada para a alocação de recursos federais/estaduais neste período, corroborando com o ponto do diagnóstico de 2014.

Por fim, outras variáveis que apresentaram correlação inversa com os escores foram CO050 (população urbana atendida) e CO165 (população urbana atendida com coleta porta-a-porta). Este resultado é questionável, pois, a princípio o serviço de coleta porta-a-porta retrata uma maior comodidade para o cidadão em relação ao serviço e diminui a parcela de resíduos com destinação incorreta e dispersa na cidade. Além disso, esses indicadores retratam o atendimento do objetivo X da Lei, que trata da universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos (Brasil, 2010b).

Somado a isso, deve-se analisar de forma cuidadosa como o maior atendimento à população (cobertura de coleta) altera o aumento da massa coletada, pois pode indicar que a hierarquia de ações com caráter preventivo prevista na PNRS (não geração, redução, reutilização e reciclagem) não está sendo atendida. Ademais, a maior abrangência da coleta porta-a-porta e da massa coletada implica em uma maior demanda da frota (extensão da quilometragem, do tempo) do serviço de coleta, o que resulta em uma maior despesa para a gestão municipal e, conseqüentemente, contribui com a ineficiência

econômica (escores mais baixos). Embora tenha suas vantagens em termos ambientais e de saúde pública.

Por fim, o uso da *DEA* foi considerada como limitada e insuficiente para se analisar a eficiência das gestões municipais de RSU dos municípios mineiros, baseando-se nas variáveis selecionadas e disponibilizadas pelo SNIS. Apesar disso, considera-se que o uso da ferramenta possui potencial, sendo necessário ajustes na modelagem e melhorar a qualidade dos dados. Menciona-se que existem extensões da Análise Envoltória de Dados, mas que não foram objeto de estudo desta tese e, portanto, a aplicabilidade dessas extensões não foram investigadas.

5.3. Índice de avaliação do sistema de gestão de RSU

Assim como na análise de correlação, utilizaram-se os valores de eficiência adaptada para diferir as cidades não eficientes e com escore igual a 1. O resultado do teste de comparação obtido está disposto na Tabela 8.

Tabela 8: Resultado do teste de comparação entre o escore de eficiência (*DEA BCCin*) e o IRSU (Semad, 2022b).

Parâmetro estatístico	Resultados numéricos
Estatística W	350.613
p-valor	$2,2 \times 10^{-16}$
Intervalo de confiança	0,3500626 – 0,3500737
Diferença estimada	0,350001

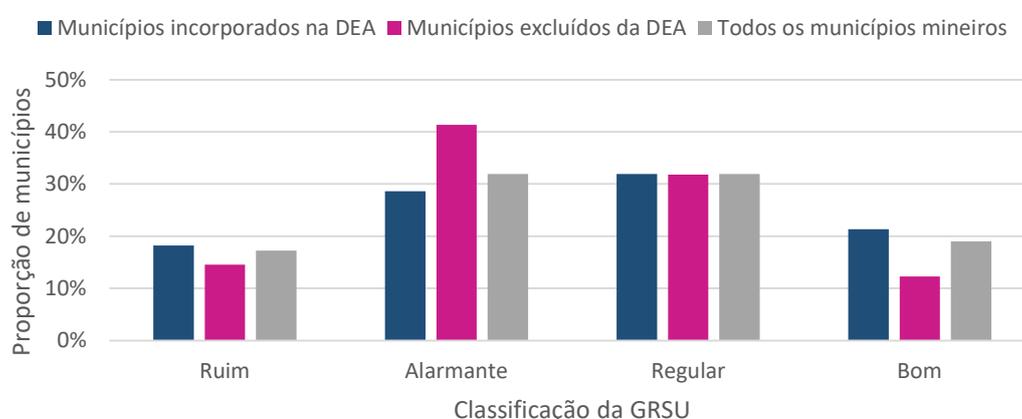
Fonte: Autora (2024).

Portanto, conclui-se pelo teste que as duas amostras são diferentes, pois o p-valor obtido foi menor do que o nível de significância adotado (0,05). Entretanto, a diferença não esclarece qual dos dois resultados (IRSU da SEMAD e Escore de eficiência da *DEA*) retrata de forma mais realista o panorama dos municípios mineiros em 2021. Apesar da *DEA* incorporar mais variáveis, o que deveria descrever de forma mais completa e verídica a gestão, a discussão realizada anteriormente indica que esta ferramenta apresentou diversas limitações quanto à classificação. Em contrapartida, o índice considera apenas três variáveis, corroborando com a hipótese da visão simplista frente à esta problemática.

No total, 41 cidades foram consideradas como eficientes e com IRSU igual a um, 94 cidades apresentaram IRSU superior ao escore de eficiência e o restante (498 municípios) apresentaram escore de eficiência superior ao índice da SEMAD. Ou seja, verificou-se que, além da diferença identificada pelo teste de Wilcoxon, o índice da SEMAD teve um retrato mais negativo do que a envoltória de dados.

Quatro municípios merecem destaque por apresentarem resultados totalmente discrepantes. Campo Azul (3.714 hab¹²), Doresópolis (1.461 hab), Cordislândia (3.200 hab) e Mirabela (13.651 hab) foram classificados como eficientes pela *DEA*, mas o IRSU registrado foi zero. Inclusive, os dois primeiros municípios também se destacaram por serem consideradas como referência de eficiência mais vezes (apresentado na seção 5.5.1). Dessa forma, reforça-se a limitação da ferramenta *DEA* e a necessidade da visão crítica dos gestores e tomadores de decisão ao utilizar os resultados provenientes da Análise Envoltória de Dados. A classificação destas cidades como eficientes é duvidosa já que se verifica que o índice retrata que estas cidades não possuem coleta seletiva, planos de gestão e destinam seus resíduos para locais sem a devida regularização ambiental, indicando o desalinhamento dos municípios com o cumprimento de políticas públicas, confirmando que a ferramenta *DEA* superestimou a qualidade das gestões municipais de RSU. Como retrato dos municípios a partir do IRSU, nota-se que o panorama dos municípios mineiros também não é satisfatório (Figura 32).

Figura 32: Classificação dos municípios a partir do IRSU do “Panorama resíduos sólidos urbanos em MG” considerando todos os municípios mineiros, apenas os estudados na *DEA* e os excluídos da *DEA*.



Fonte: Semad (2022b) e Autora (2024).

Pela Figura 32, observa-se que menos de 20% foram classificados como “Bom”, o que é uma proporção muito pequena dada a escala populacional que Minas Gerais representa para o Brasil, os impactos negativos resultantes da má gestão e o respaldo legal em níveis tanto federal quanto estadual. Em relação aos municípios que foram investigados nesta pesquisa, indicados pela cor azul marinho na Figura 32, apresentam

¹² IBGE (2023a)

um cenário um pouco mais satisfatório, sendo possível visualizar uma leve assimetria para a direita. Por fim, os municípios excluídos do estudo, indicados pela cor rosa na Figura 32, foram os que apresentaram o pior retrato, baseando-se no IRSU da Semad (2022b), pois foi o grupo que teve a menor proporção de municípios classificados como “Bom” e a maior proporção para “Alarmante”.

O IRSU é um índice aceitável, apesar de limitado e reducionista ao tratar a qualidade das gestões de RS a partir de três características apenas. Além desse, identificaram-se diversos estudos os quais desenvolveram seus próprios índices/indicadores ou que utilizaram algum conjunto já existente para realizar um estudo de caso, como por exemplo: Tisoco e Pinheiro (2023), Barros e Silveira (2019), Olay-Romero *et al.* (2022), Silva, Prietto e Korf (2019), entre outros.

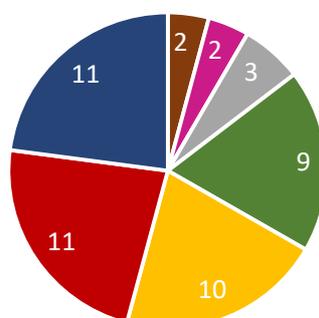
Esta discussão é corroborada por Deus, Bezerra e Battistelle (2019), que também identificaram uma variedade dos indicadores utilizados em estudos científicos na área de RS. Os autores ainda mencionam que, além da necessidade de padronizar os indicadores de tal maneira que permita a comparação, tais variáveis devem ser de fácil interpretação e devem incluir todas as dimensões da sustentabilidade. Inclusive, extrapola-se esta necessidade de as variáveis serem de fácil interpretação para o caso do SNIS, porque uma das hipóteses levantadas para o cadastramento incompleto é a falta de conhecimento dos gestores.

Esta grande variedade de formatos para se avaliar GRSU acaba dificultando a comparação entre diferentes locais ou até extrapolação dos dados para uma escala maior. Sabe-se que o Brasil é extenso e conta com uma grande diversidade socioeconômica, demandando por considerações particulares para cada região. Assim, a padronização proposta deve deixar margem para incorporar alguma especificidade, se necessário.

Consequentemente, questiona-se o desuso dos 48 indicadores disponíveis no SNIS em estudos científicos consultados. Esses indicadores são calculados a partir das variáveis que são (ou deveriam) ser cadastradas todos os anos pelos municípios adimplentes. Ao consultar os indicadores, constatou-se que há predominância de determinados grupos de informações em relação aos outros, Figura 33.

Figura 33: Quantidade de indicadores desenvolvidos pelo MDR e disponíveis no SNIS para cada grupo de informação.

■ RCC ■ RSS ■ VA ■ CO ■ FN ■ TB ■ CS



Fonte: Autora (2024).

Ou seja, observa-se que esses indicadores atribuem um maior peso para os grupos de coleta seletiva (CS), trabalhadores (TB), financeiro (FN) e coleta (CO). Apesar de compreensível, esta interpretação é considerada como inadequada, porque para uma gestão integrada e de qualidade, todos os fatores são importantes e devem dialogar entre si. Somado a isso, identificou-se a ausência de indicadores que retratassem:

- A existência de planos e políticas (resíduos sólidos ou saneamento);
- A existência e funcionamento de sistemas de logística reversa;
- A existência de catadores e como são organizados (ou não);
- Os tipos de destinação de resíduos.

Uma vez que esta frente do SNIS passou a existir em 2002, estes indicadores são considerados como desatualizados e necessitam retratar outras etapas do manejo e de forma integrada. Entretanto, a plataforma onde a série histórica está disponível também fornece a relação de indicadores por ano de referência (Mdr, 2022), o que permitiu visualizar que alguns indicadores foram atualizados no decorrer do tempo. Ou seja, o ministério não julgou necessário retratar estas outras temáticas do manejo de RS.

No caso da categoria CS (coleta seletiva), a quantidade elevada de indicadores não é um retrato da importância atribuída a essa cadeia de reciclagem, pois, dentre os onze indicadores, cinco retratam a mesma informação para diferentes tipos de material

reciclável¹³. Ou seja, os grupos TB (trabalhadores), FN (financeiro) e CO (Coleta) são os que foram mais bem representados pelos indicadores.

Essa observação indica que, para o Ministério do Desenvolvimento Regional, o fator financeiro-econômico é mais relevante do que os fatores socioambientais. Mesmo que a PNRS tenha sido promulgada 8 anos após a criação do SNIS de Resíduos Sólidos, a tramitação desta lei se iniciou na década de 90. Ou seja, o tema já estava sendo debatido e a união já contava com o respaldo legal de demais leis que poderiam ter influenciado mais na criação destes 48 indicadores, como a Política Nacional de Saneamento Básico e Política Nacional do Meio Ambiente.

A seleção dos indicadores mais adequados vai depender do objetivo da análise e do contexto a ser estudado, além da disponibilidade de bons dados que deem consistência, confiabilidade e precisão aos estudos. Porém, sugere-se como pesquisas futuras a comparação dos diferentes grupos de indicadores, seja por meio de revisão como realizado por Deus, Bezerra e Battistelle. (2019) ou por outro formato, de tal forma que facilite a seleção por parte dos futuros pesquisadores. Complementarmente, recomenda-se que os governos (municipais, estaduais e nacional) padronizem estes indicadores, permitindo a comparação entre as unidades federativas e facilitando a estimativa de indicadores/índices em uma macro escala.

5.4.Diagnóstico

A etapa de diagnóstico é indispensável quando se trata de uma gestão municipal de resíduos sólidos de qualidade e eficiente. Porém, a falta e a inexatidão de dados disponíveis, que já foi constatada como uma das maiores limitações desta pesquisa, somada com a falta de abertura por parte das administrações municipais e dos consórcios limitou a abrangência e profundidade do diagnóstico desejado.

Isso retrata a falta de transparência e evidencia a dificuldade dos cidadãos e usuários dos serviços ao contactarem estas instituições, comprometendo o atendimento de um dos princípios da PNRS (Brasil, 2010b): “X – o direito da sociedade à informação e ao controle social”. Além disso, isto indica que a responsabilidade compartilhada ainda não é um conceito difundido, pois, caso contrário, as administrações insistiriam em informar

¹³ Incidência de papel e papelão/plásticos/metais/vidros/outras materiais no total de material recuperado

a sociedade civil quanto aos dados para que a população compreenda a relevância do tema e a necessidade de ações em todos os níveis em busca de sustentabilidade.

Conforme apresentado na seção anterior, analisar a eficiência média de agrupamentos municipais não é simples. Uma vez que a ferramenta *DEA* permite que uma unidade tenha escore de eficiência igual a 1 sem ser de fato eficiente, isso exige que o gestor tenha mais cautela ao fazer suas considerações. Assim, esta pesquisa selecionou apenas um tipo de agrupamento para realizar o diagnóstico, a verificação do cumprimento das políticas e a proposição de melhorias.

Dentre as divisões apresentadas (ATOs, SUPRAMs e Consórcios), todas foram cogitadas para as análises posteriores desta pesquisa. Entretanto, a investigação a partir dos ATOs foi desconsiderada por se tratar de uma proposta de regionalização para gestão integrada de RS, isto é, formação de consórcios. Mesmo que a formação dos ATOs tenha se baseado em dados ambientais, socioeconômicos, de transporte e logística de resíduos sólidos, o objetivo final foi incentivar a implementação dos consórcios.

No caso das Superintendências, as mesmas foram desconsideradas por se tratar de uma organização espacial para o governo do Estado fiscalizar e controlar as questões de regularização ambiental. Apesar do Panorama elaborado anualmente pela Semad apresentar os dados por SUPRAM, identifica-se que não é o tipo de arranjo que se adotam para as tomadas de decisões em escala regional.

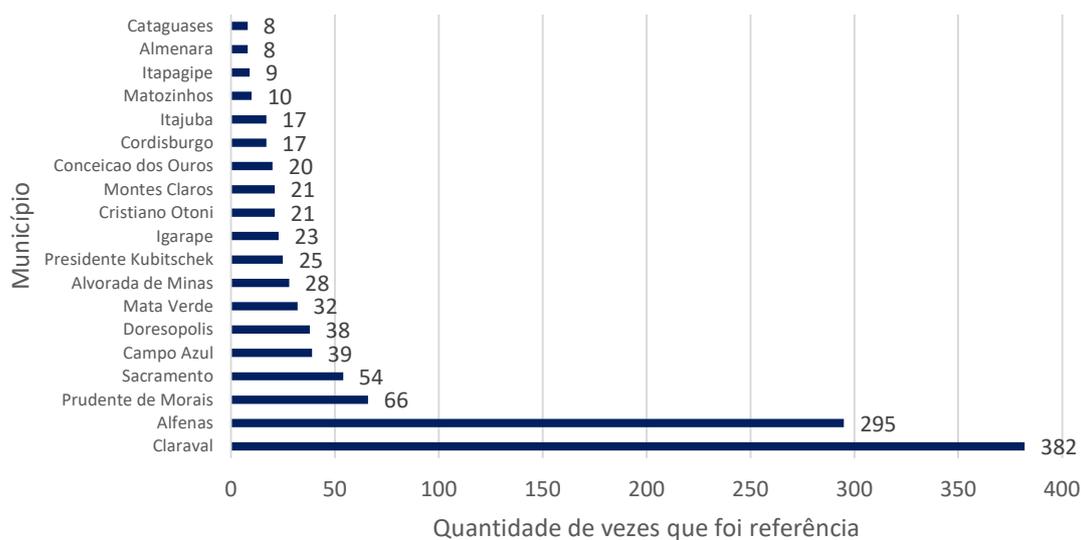
Portanto, a divisão territorial escolhida para estudar foi baseada nos consórcios intermunicipais. Além de ser um arranjo recomendado para municípios de pequeno porte, o que é pertinente para o caso mineiro, os municípios consorciados possuem alguns benefícios que podem contribuir de forma significativa para com as administrações municipais e, conseqüentemente, a qualidade de vida dos cidadãos. Além disso, existem legislações específicas para não só incentivar este tipo de organização, mas também que tornaram essa condição um requisito para acessar recursos específicos.

Apesar dos fortes incentivos estadual e federal para que os municípios integrem consórcios, ainda é considerado como necessária a investigação em escala municipal. Isso, porque há os casos onde o próprio município prefere gerenciar seu sistema de forma individualizada, seja por questões técnicas, administrativas ou políticas. Além disso, é menos morosa a tomada de decisão de um município sozinho, pois naturalmente há menos conflitos de interesses. Dessa forma, as análises selecionadas para esta pesquisa também foram realizadas em nível de escala municipal.

5.4.1. Escala municipal

Dentre os 633 municípios, apenas 96 foram considerados como eficientes para o modelo BCC orientado para entrada. Os 20 municípios que foram referência de eficiência mais vezes estão listados na Figura 34.

Figura 34: Quantidade de vezes que os municípios classificados como eficientes foram referência para os municípios ineficientes.



Fonte: Autora (2024).

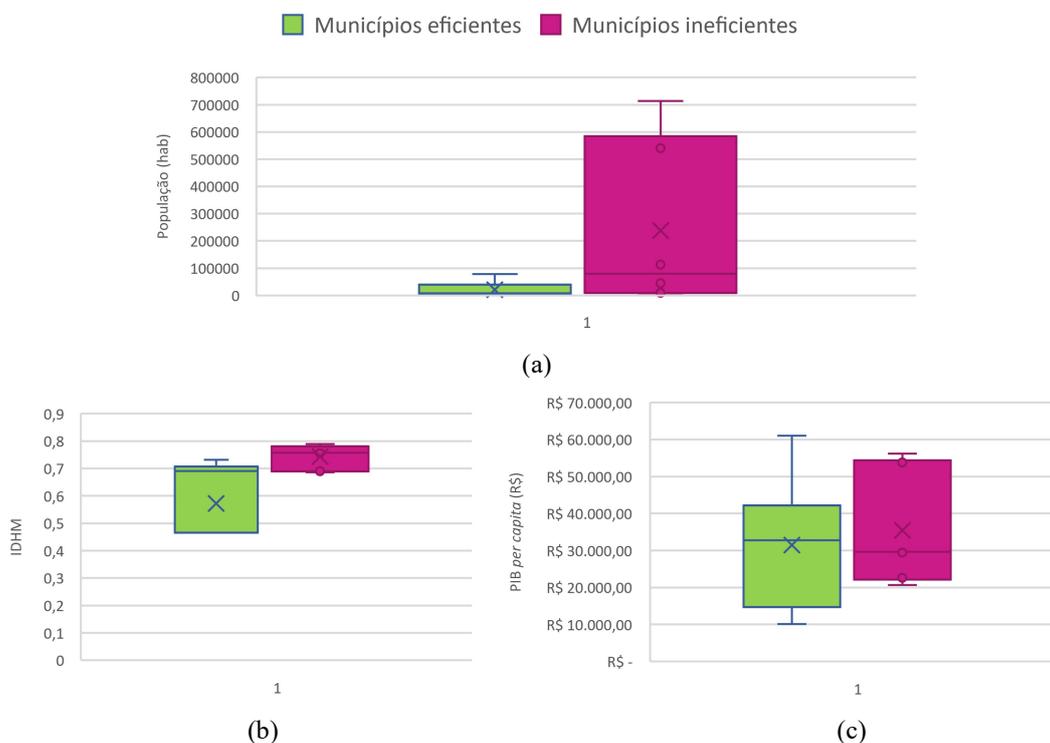
Os municípios Claraval e Alfenas foram os que se destacaram por serem consideradas unidades referência de eficiência mais vezes, sendo 382 e 295 respectivamente. Além dessas cidades, a GRSU foi caracterizada para os municípios Prudente de Moraes, Sacramento, Campo Azul e Doresópolis, pois esses municípios foram referência de 93% dos municípios ineficientes. Ou seja, apenas 35 municípios (dos 537 municípios classificados como ineficientes) não consideraram um destes seis municípios como referência de eficiência e, teoricamente, modelo a ser seguido.

Em contrapartida, a seleção dos municípios ineficientes para o diagnóstico considerou dois fatores o menor escore de eficiência e a maior folga observada. Dessa forma, os três municípios com menor escore de eficiência foram Dores de Campos, Santa Rita de Caldas e São Lourenço, enquanto os três com maiores folgas foram Uberlândia, Juiz de Fora e Itabira. As folgas representam o quanto que o município necessita mudar para determinado parâmetro, ou seja, quanto maior a folga, maior será a mudança necessária para que o mesmo seja considerado eficiente.

Os dados levantados destes doze municípios estão apresentados no Apêndice C (Tabela 15 e Tabela 16). A seguir, Figura 35, serão apresentados os dados

socioeconômicos (população, índice de desenvolvimento humano municipal e PIB *per capita*), separando os municípios de acordo com a classificação do *DEA*, isto é, em municípios eficientes e ineficientes.

Figura 35: *Boxplot* dos dados socioeconômicos (população urbana, IDHM e PIB *per capita*) dos municípios mais e menos eficientes.



Fonte: Autora (2024).

Pelos gráficos apresentados, identifica-se uma possível diferença entre os municípios eficientes e ineficientes em relação ao porte populacional e IDHM, Figura 35 (a) e (b). Todos os seis municípios eficientes possuem população inferior a 100.000 habitantes (Ibge, 2023b), sendo classificados como (Macedo, Lange e Ferreira, 2021 *apud* Ferreira *et al.*, 2022): pequeno porte (até 20.000 habitantes), um pequeno/médio porte (entre 20.001 e 50.000 habitantes) e um município de médio porte (entre 50.000 e 100.000 habitantes). No caso do IDHM, o índice variou de 0,62 a 0,73, sendo os quatro municípios de porte pequeno os que apresentaram os piores índices (inferior a 0,7).

O grupo dos ineficientes apresentou um retrato mais heterogêneo dos municípios em relação ao porte populacional, sendo Dores de Campos o menor município (10.007 habitantes urbanos) e Uberlândia o maior (713.232 habitantes). No caso do IDHM, o comportamento observado diferiu, isto é, houve pouca variação dos índices (entre 0,78 e 0,69), indicando uma melhor qualidade de vida dos cidadãos destas cidades. Ademais, para estes dois parâmetros é visível que as medianas da população e do IDHM para os

municípios ineficientes se encontram acima da caixa dos municípios eficientes, indicando uma diferença entre os dois grupos.

No caso do PIB *per capita*, observa-se que tanto a média quanto as medianas dos dois grupos se encontram próximas, indicando uma semelhança entre os grupos. Apesar de ambos os grupos apresentarem assimetria dos dados, observa-se que o PIB *per capita* dos municípios eficientes é mais disperso que o dos municípios ineficientes. Este fenômeno é semelhante ao observado no *boxplot* do IDHM, onde os municípios ineficientes apresentaram menor variação.

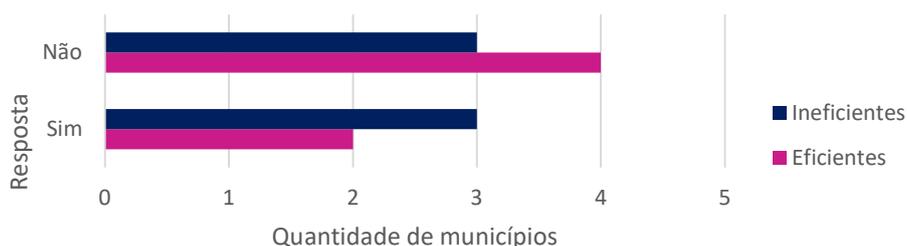
Em relação ao retrato da GRSU destes municípios, o resultado obtido não foi o esperado. Isso, porque se previa que haveria mais diferenças entre as gestões municipais dos dois grupos e que o diagnóstico dos municípios eficientes fosse melhor que o dos ineficientes. Porém, conforme será discutido a seguir, constatou-se outro fenômeno.

Primeiramente, observou-se a mesma proporção de municípios eficientes e ineficientes que declararam a existência de catadores organizados em cooperativas/associações (33,3%) e a existência de incentivos municipais para a criação ou desenvolvimento destas organizações (16,6%). Assim, foi considerado que ambos os parâmetros não tiveram a relevância esperada para a *DEA* na classificação das unidades eficientes e ineficientes. Apesar de um dos objetivos de a PNRS ser a “integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos” (Brasil, 2010b), somado com a existência de legislações específicas para os catadores e cooperativas (Brasil 2010a; Brasil, 2012) e de estar relacionado com um dos objetivos do desenvolvimento sustentável, esperava-se um retrato diferente entre os municípios eficientes e ineficientes. Assim, considera-se que a existência de um respaldo legal, nacional e internacional, não seja suficiente para que os municípios invistam nesse setor.

Apesar de a ferramenta ser consolidada e aplicada no contexto de saneamento e de resíduos sólidos, observou-se que há limitações quanto ao seu uso e que os resultados obtidos necessitam de um olhar crítico do tomador de decisão para além dos resultados numéricos. Isso fica claro, pois ambas as características foram incorporadas na *DEA* por meio das variáveis CA007 (quantidade de associados) e CA008 (Existe algum trabalho social por parte da prefeitura direcionado aos catadores?), justamente por serem classificadas como relevantes para a qualidade da GRSU de um município.

Complementarmente a isso, observou-se que a coleta seletiva também não interferiu na classificação de eficiência da DEA conforme o esperado, pois constatou-se uma pequena diferença entre os municípios eficientes e ineficientes quanto aos sistemas de coleta seletiva, Figura 36. Dentre os 6 municípios ineficientes selecionados para essa investigação, metade declarou contar com sistema de coleta seletiva, enquanto 4 dos 6 municípios eficientes declararam não possuir coleta seletiva.

Figura 36: Quantidade de municípios que possuem (ou não) coleta seletiva nos municípios mais eficientes e ineficientes.



Fonte: Autora (2024).

Curiosamente, Claraval (a unidade considerada como referência de GRSU) declarou não possuir coleta seletiva, nem catadores organizados em cooperativas ou incentivos para o desenvolvimento de cooperativas. Além de não terem sido encontrados estudos técnicos referentes à GRSU de Claraval, no *site* da prefeitura não consta nenhuma informação sobre esta temática. Foram pesquisadas na ferramenta de busca do *site* os termos “coleta seletiva”, “reciclagem”, “resíduos sólidos” e “lixo” (ainda que sendo o termo inadequado). Mesmo assim, não houve resultados para a busca e as tentativas de contato por correio eletrônico e telefone não tiveram êxito. Portanto, a discussão referente ao município de Claraval está limitada apenas aos dados disponíveis no “Panorama Resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais – Ano base 2021” (2022b) e nos dados do SNIS (2023).

Já no caso de Alfenas, também considerado como unidade de referência de gestão de RSU pela *DEA*, o município conta com um sistema de coleta seletiva. Segundo Portugal *et al.* (2023), a coleta seletiva se desenvolveu lentamente e não atende todo o município, sendo realizada uma vez na semana e somente nos bairros urbanos de Alfenas. Na microrregião de Alfenas, cerca de 4.000 toneladas de materiais recicláveis são recolhidas por ano, dos quais 52% são plásticos, 41% metais e 5% de papéis e papelões (Raniero; Mincato, 2020).

Os autores identificaram que a coleta seletiva passou a ser realizado sem a devida informação prévia e conscientização da população, comprometendo a qualidade da segregação do material e dificultando ou impedindo o reaproveitamento desses materiais, com possível comprometimento futuro da iniciativa. Somado a isso, Portugal *et al.* (2023, p.379) observaram que nos dias da coleta seletiva havia pouca participação da população e “alguns moradores colocaram o lixo convencional para ser coletado no dia da coleta seletiva, de modo que aquele lixo não era coletado e ficava exposto nas ruas até o dia da coleta convencional, resultando em lixo espalhado pelas calçadas e ruas da cidade”.

Os municípios que declararam possuir catadores organizados em associações e quais destes que possuíam (ou não) incentivos foram identificados e selecionaram-se os quatro municípios dispostos na Tabela 9 para uma investigação mais profunda. O objetivo desta investigação foi verificar se a existência destes incentivos municipais resulta em maior atuação da classe dos catadores, com melhores condições de trabalho e capacitação técnica nestes municípios.

Segundo a Prefeitura de Uberlândia (Uberlândia, 2023a), o município conta com 6 associações/cooperativas de materiais recicláveis, Tabela 10, que estão em atividade há algum tempo e cada qual tem sua peculiaridade e sua forma de fazer gestão. Gagliardi *et al* (2023) caracterizaram três (indicados com o asterisco) e Santos (2019) apresentou o histórico da evolução deste sistema na cidade.

Tabela 9: Descrição dos municípios com catadores organizados em associações.

Classificação DEA	Município	P _{urb} (hab)	Os catadores do município estão organizados em cooperativas ou associações?	Há incentivos municipais para a criação/desenvolvimento de cooperativas ou associações de catadores?
Ineficiente	Uberlândia	713.232	Sim	Não
Ineficiente	Juiz de Fora	540.756	Sim	Sim
Eficiente	Prudente de Morais	11.446	Sim	Não
Eficiente	Sacramento	26.670	Sim	Sim

Fonte: Adaptado de SNIS (2023).

Apesar do município declarar que não há programas sociais para os catadores, o Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE), responsável pelo gerenciamento da coleta (convencional e seletiva) de RS de Uberlândia, distribui o material coletado de acordo com a região/setor de cada uma ou com o tipo, para as associações (Gagliardi *et al.*, 2023). Segundo a Diretoria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Departamento Municipal de Água e Esgoto de Uberlândia – MG, a qual retornou o contato realizado

pela pesquisadora em 21 de novembro de 2023, o Programa de Coleta Seletiva envolveu os catadores desde a sua criação em 2011, oferecendo a infraestrutura básica para a prestação do serviço. Em 2023 foi celebrado um Termo de Colaboração com as associações, sendo um instrumento de parceria que prevê a inclusão social e o pagamento pelo serviço ambiental (PSA) referente ao material coletado.

Tabela 10: Descrição das associações e cooperativas de Uberlândia.

Nome da associação	Sigla	Ano de fundação
Associação dos Catadores e Recicladores de Uberlândia	ACRU	2011
Associação dos recicladores Boa Esperança	ARBE	2011
Associação dos recicladores e catadores autônomos	ARCA	2007
Associação de Catadores de Material Reciclável do Bairro Taiamam	ASSOTAIAMAM	2011
Cooperativa dos Recicladores de Uberlândia	CORU	2003
Associação Brasileira de Reciclagem e Coleta Seletiva	ABRCS	Não encontrado

Fonte: Adaptado de Gagliardi *et al.* (2023) e Santos (2019).

Além disso, também realiza ações de educação e divulgação, através da elaboração de material para comunicação, buscando conscientizar a população. Segundo o contato realizado com DMAE, Uberlândia conta com o Programa de Coleta Seletiva desde 2011, que foi instituído pela Lei nº 12.504/2016, com um atendimento de mais de 120.000 pessoas a partir de 2017, quando a gestão de RS passou a ser responsabilidade do DMAE. As associações também contam com o auxílio quanto ao pagamento de despesas fixas como água e energia elétrica, além de funcionar em galpões cedidos pelo poder público municipal de Uberlândia (Santos, 2019).

Portanto, a inexistência de programas sociais direcionados aos catadores não implica em distanciamento da prefeitura em relação às associações e catadores de materiais recicláveis. A prefeitura atua por meio dessas parcerias e acordos, o que promove o desenvolvimento das cooperativas e de melhorias no sistema de coleta seletiva. Inclusive, o fato de a existência de tantos catadores informais isolados ainda ser uma realidade de Uberlândia pode ser consequência dessa falta de incentivos. Públio (2020) estimou um total de 675 catadores informais no ano de 2018.

Apesar do desempenho ambiental dos catadores informais ser, em média, 16,9 vezes maior do que a coleta seletiva formal e produtividade 1,3 maior do que os catadores associados, o valor agregado dos materiais recicláveis é 5,3 menor do que os resíduos coletados pelos catadores organizados em associações e cooperativas (Públio, 2020). Dessa forma, a necessidade de incentivos para a integração dos catadores informais às associações é nítida. Portanto, identifica-se a demanda em se aprofundar as motivações

desses trabalhadores informais em não se associarem, para que posteriormente medidas sejam tomadas para contornar este fenômeno.

Conforme pontuado Gagliardi *et al.* (2023), a massa coletada dos materiais recicláveis aumentou com o decorrer do tempo, o que foi atribuído às melhorias no sistema de coleta seletiva. Em 2019 Uberlândia atendia 29 bairros (representando 45% da população), contava com 13 ecopontos e recolhia 140 toneladas/mês, representando 1,43% do total de resíduos coletados e que deixaram de ser depositados no Aterro Sanitário (Santos, 2019).

O município Prudente de Moraes (população total igual a 11.446 habitantes) (Ibge, 2023b), também possui catadores organizados em associações/cooperativas, mas não conta com programas sociais. Não foram encontrados documentos e relatos referentes ao sistema de coleta seletiva e catadores de materiais recicláveis. De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico (Cbh [...], 2015), em 2015 o município ainda não contava com sistema de coleta seletiva, sendo um agravante para a Usina de Triagem e Compostagem (UTC). Inclusive, no próprio Plano foi pontuada a demanda para aquisição de um novo caminhão para a coleta seletiva, uma vez que o município contava com apenas um caminhão basculante que era utilizado para a coleta regular.

Juiz de Fora e Sacramento foram os únicos municípios que declararam ter coleta seletiva, catadores organizados em cooperativas ou associações e incentivos municipais para a implementação/desenvolvimento de cooperativas. No caso de Sacramento (população igual a 26.670 hab) (Ibge, 2023b), constatou-se uma divergência entre as informações disponíveis, pois as bases de dados consultadas afirmavam que a cidade não integrava o consórcio intermunicipal em 2021, enquanto no Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Regional (CONVALE, 2020) listava Sacramento como um dos municípios integrantes. Independente dessa divergência, o Plano foi considerado como uma fonte confiável para a pesquisa.

De acordo com o referido Plano, os catadores autônomos de Sacramento possuem um bom entrosamento com a prefeitura, a qual fornece auxílio eventual para a operação da coleta e destinação, e estavam no processo de institucionalização das associações/cooperativas com o apoio da prefeitura. Além disso, destaca-se o Programa de apoio comunitário em Sacramento, o qual “busca valorizar as iniciativas comunitárias

voltadas para as ações de catação e reciclagem sob o regime de autogestão, coletivos, associações e cooperativas” (Convale, 2020).

O Programa inclui o apoio à formalização das associações parceiras, acompanhamento social, treinamentos com foco na segurança e no desempenho operacional das unidades de triagem de recicláveis, e assessoria técnica para a elaboração de projetos que possam atrair apoio ou financiamento para a aquisição de máquinas, uniformes e equipamentos. Assim, o intuito é fortalecer as associações e as cooperativas de catadores, buscando ampliar a produtividade e promover a inclusão e a melhoria de renda das famílias associadas.

Além disso, o município de Sacramento foi um dos selecionados para receber apoio técnico da FEAM/GESÓIS para implantação de programa de coleta seletiva¹⁴. O investimento em capacitação técnica através do TERMO DE PARCERIA N°48/2018 - FEAM/GESÓIS garante apoio à FEAM na execução da política pública de gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), em consonância com as Políticas Nacional e Estadual de Resíduos (Convale, 2020).

Em Juiz de Fora, o Departamento Municipal de Limpeza Urbana (Demlurb) disponibiliza o serviço de coleta seletiva para 62% dos domicílios da cidade, além de realizar campanhas para incentivar a população a realizar a coleta seletiva. Os materiais recicláveis são encaminhados para as associações de catadores conveniadas com o Departamento, sendo estas: Associação Lixo Certo (ALICER), Associação dos Catadores de Papéis e Resíduos Sólidos de Juiz de Fora (APARES) e Associação Municipal de Catadores de Papel e Materiais Reaproveitáveis de Juiz de Fora (ASCAJUF) (Juiz de Fora, 2023a; Demlurb, 2023).

Segundo o PMGIRS de Juiz de Fora (Juiz de Fora, 2020b), existiam 38 catadores de materiais recicláveis organizados nessas três associações e 115 atuando de forma autônoma no município. Dentre as deficiências pontuadas no PMGIRS de Juiz de Fora (2020b), menciona-se insuficiência das ações de apoio (social e técnico) do Poder Público às organizações dos catadores; infraestrutura inadequada para as instituições de catadores; inexistência de vínculos diretos entre as organizações de catadores e estabelecimentos

¹⁴ Não foram encontrados dados atualizados sobre os desdobramentos do apoio da FEAM e GESÓIS para o município de Sacramento.

processadores dos materiais; e ausência de fiscalização das relações entre comerciantes e catadores.

Ou seja, mesmo que o município tenha declarado no SNIS a existência de programas de apoio aos catadores e associações/cooperativas de catadores de materiais recicláveis, é evidente que o apoio municipal é/foi insuficiente e inconstante. Além disso, não foram encontrados relatórios quanto ao progresso dos programas mencionados, tanto aqueles apresentados nos Planos de Gestão quanto os encontrados em sítios eletrônicos. Consequentemente, isto compromete a aderência dos catadores às associações, assim como a qualidade das condições de trabalho desta classe, sua remuneração e, por fim, a taxa de recuperação dos diferentes materiais recicláveis.

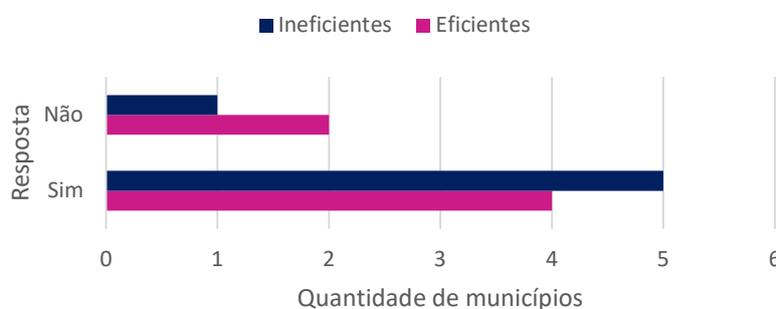
Por fim, observou-se que a existência ou não de programas voltados aos catadores não foi o que promoveu similaridades entre os sistemas de coleta seletiva. Considerou-se que os municípios de grande porte populacional apresentaram maiores semelhanças do que os municípios com programas/ações de apoio aos catadores. Ou seja, tamanho da população, o qual está diretamente associado à disponibilidade de recursos financeiros, indica uma maior influência na coleta seletiva e ação de catadores de materiais. Esse resultado corrobora com a discussão realizada na análise crítica do SNIS, onde foi pontuado o peso que o porte populacional traz para a GRSU.

Em relação à logística reversa, quase todos os municípios ineficientes declararam realizar a coleta de algum dos resíduos passíveis de logística reversa no SNIS (pneus, lâmpadas, pilhas e baterias, eletrônicos ou resíduos volumosos inservíveis), Figura 37. De acordo com os dados cadastrados, os municípios que se destacaram pela maior diversidade de materiais coletados pela logística reversa foram: Claraval, Sacramento, Dolores de Campos, São Lourenço e Uberlândia, dos quais apenas os dois primeiros foram classificados como eficientes. Os municípios Campo Azul e Prudente de Moraes declararam não contar com coleta diferenciada para nenhum dos materiais passíveis de logística reversa, mesmo sendo classificados como eficientes.

No caso de Sacramento, cuja classificação (eficiente) foi considerada como coerente, os parâmetros levantados apoiam esta classificação, conforme parte já apresentada anteriormente sobre os catadores e coleta seletiva. A questão da logística reversa, o município relatou que em 2021 realizava a coleta diferenciada de todos os tipos de materiais disponíveis no SNIS. De acordo com o Plano Intermunicipal (Convale,

2020), não foram encontrados na região programa, projeto ou legislação específica para gerenciamento desses resíduos, tornando questionável a existência deste serviço.

Figura 37: Quantidade de municípios que possuem (ou não) logística reversa nos municípios mais eficientes e ineficientes.



Fonte: Autora (2024).

Apenas as embalagens de agrotóxicos apresentam um sistema de logística reversa. Por isso, o próprio Plano prevê o Subprograma intermunicipal de logística reversa, que deverá ser feito de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos. Este programa englobará os seguintes resíduos: agrotóxicos (seus resíduos e embalagens), pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes (seus resíduos e embalagens), lâmpadas e produtos eletroeletrônicos (Convale, 2020).

A implementação deste programa seria realizada por meio das seguintes ações (Convale, 2020):

- Criar um cadastro dos empreendimentos e empresas sujeitas ao plano e a logística reversa;
- Implementar campanhas para a total implantação da logística reversa;
- Acompanhar e monitorar os acordos setoriais, regulações e termos de compromisso em âmbito nacional, estadual e local;
- Capacitação técnica dos funcionários para uma efetiva atuação junto às ações de monitoramento e fiscalização.

Entretanto, no *site* do próprio consórcio consta apenas o convênio firmado para os pneus inservíveis, tendo sido acordado entre os municípios do consórcio Convale e a empresa RAMA Indústria de Artefatos de Borracha Ltda – ME. O documento foi assinado em janeiro de 2021, cuja vigência determinada foi de doze meses e não foram encontrados documentos quanto à avaliação ou à renovação desse convênio.

No caso de Uberlândia, o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos não foi utilizado neste diagnóstico por se tratar do ano de 2013, ou seja, documento considerado

como desatualizado neste estudo. Vale mencionar que, de acordo com o DMAE, há previsão para nova revisão do plano em 2024. No sítio eletrônico da prefeitura de Uberlândia, não foram encontradas informações referentes à logística reversa do município, havendo mais materiais reportando sobre a ampliação ou operação do sistema de coleta seletiva ou de ações pontuais de educação ambiental (Uberlândia, 2023c).

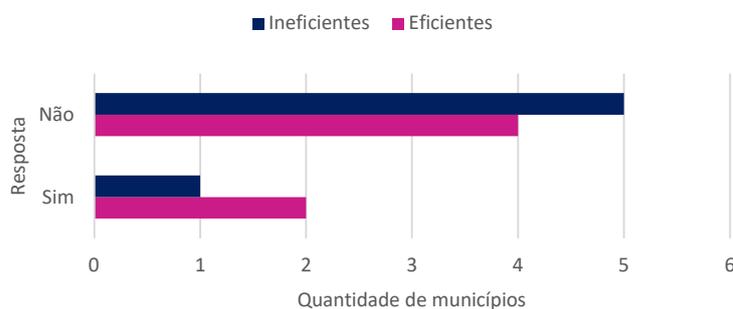
Segundo o contato realizado com o DMAE, as ações do Departamento referentes aos resíduos passíveis de logística reversa se restringem apenas à educação ambiental, com o objetivo de promover a destinação correta a um dos 14 Pontos de Entrega Voluntária (Uberlândia, 2023b). Porém, a fiscalização desses pontos, quantidade destinada e cumprimento da logística reversa é responsabilidade das Secretarias de Serviços Urbanos e de Meio Ambiente e Sustentabilidade. Por fim, não foram encontradas informações referentes à logística reversa dos municípios de Dores de Campos e São Lourenço, limitando o diagnóstico aos dados do SNIS, apenas.

Apesar deste parâmetro não ter sido incorporado à análise de eficiência por meio da *DEA*, este resultado não era o esperado. Isso, porque a coleta diferenciada destes materiais e a implementação de sistema de logística reversa implicam em maior engajamento municipal e social quanto à correta destinação dos resíduos, além de promoverem a questão do reaproveitamento e reciclagem. Somado a isso, implica também na redução do volume de resíduos com destinação inadequada ou, no “melhor cenário”, aterro sanitário.

Em relação às UTC, a diferença observada entre os municípios eficientes e ineficientes foi mais sutil. A maioria dos municípios declarou não possuir UTCs e dentre os que contavam com estas unidades, houve mais municípios eficientes do que ineficientes, Figura 38. Os três municípios que declararam ter UTC foram: Dores de Campos, Sacramento e Prudente de Moraes.

Dores de Campos possui usina de triagem e compostagem, onde a triagem dos resíduos é feita por funcionários municipais. Contudo, Pereira e Souza (2017) consideraram que em 2017 o retrato não era satisfatório, por causa da inexistência de coleta seletiva efetiva em todos os bairros e da falta de conhecimento sobre as formas de separação dos resíduos pela população. Os autores ainda encontraram dificuldade em obter os dados, com restrições de acesso em algumas partes da usina, bem como a registros fotográficos. Mesmo assim, notaram que em uma área da usina havia grande concentração de rejeitos dispostos de forma inadequada, assemelhando-se a um “lixão”.

Figura 38: Quantidade de municípios que possuem (ou não) unidades de triagem e/ou compostagem nos municípios mais eficientes e ineficientes.



Fonte: Autora (2024).

Apesar do “Panorama Resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais – Ano base 2021” (Semad, 2022b) afirmar que Dores de Campos destina seus resíduos sólidos para aterro sanitário e UTC regularizados, no Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM) da SEMAD (Semad, 2023c) consta que a autorização ambiental de funcionamento foi cancelada em 2018, tendo como último arquivo disponível o relatório de cumprimento de condicionantes e/ou relatório de automonitorização, referente ao 4º trimestre de 2020. Não foram encontradas informações atualizadas ou referentes ao ano de 2021 para esta unidade, ou seja, não está claro se a UTC está regularizada.

Em Prudente de Morais, a UTC está instalada desde o ano de 2004, sendo licenciada pelo Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM). A UTC contava com treze funcionários, voltados apenas para os resíduos domiciliares que eram coletados em 100% das residências urbanas. Em função da quantidade de lixo produzido, o número de funcionários (13), não atendia a demanda da UTC, sendo necessária a maior mão-de-obra (Cbh [...], 2015). No plano de saneamento do município, o secretário de Infraestrutura pontuou que seriam necessários 22 funcionários para melhorar os serviços da usina naquela época, quantidade que provavelmente tenha aumentado após quase uma década.

No caso de Sacramento, a única informação encontrada referente à usina de triagem foi a disponibilizada no Plano intermunicipal de gestão de resíduos sólidos, do consórcio CONVALE, documento este que apenas apresentou a existência da unidade no município (Convale, 2020). Ou seja, novamente identifica-se a fragilidade da falta de transparência dos municípios quanto ao manejo de RSU. Por isso, recomenda-se para Sacramento e demais municípios que informações deste caráter estejam disponíveis e mais acessíveis para a população, seja por material impresso, digital ou rádio e televisão, o que pode resultar em conscientização ambiental e incentivar programas de educação ambiental.

Assim como no caso anterior, este parâmetro não foi contemplado na análise de eficiência pela envoltória de dados. Apesar de ser uma informação relevante, a indisponibilidade de dados cadastrados no SNIS que retratassem esta informação limitou o uso desta variável. Apesar de não ser uma tecnologia prioritária para recuperação e destinação de RSU, estas unidades deveriam ser consideradas como etapa fundamental antecessora à disposição final, pois, permite o reaproveitamento dos resíduos por meio da triagem dos materiais recicláveis e da compostagem da porção orgânica.

As UTCs passaram a ser atrativas para os municípios de pequeno porte, como no caso de muitos municípios mineiros, mas o fator humano já era negligenciado há mais de quinze anos, conforme levantado por Vimieiro, Pereira e Lange (2009). Mesmo com investimentos para construção dessas unidades, Duarte (2023) constata que as estruturas foram abandonadas com relaxamento da operação, a precariedade da manutenção e a descontinuidade dos serviços, seja imediatamente após a conclusão das obras ou poucos meses depois.

A seguir, serão apresentados os resultados que foram contrários às expectativas, isso porque todos os municípios classificados como eficientes pela *DEA* não possuem Planos de Gestão, não participam de consórcio (mesmo sendo todos com população urbana inferior a 100.000 hab) e não cobram pelo serviço de coleta, transporte e destinação final (Figura 39 a Figura 41), variáveis estas que foram incorporadas na análise envoltória de dados.

No caso específico dos planos de gestão de resíduos, todos os seis municípios eficientes declararam não possuir Plano. Este resultado foi considerado como contraditório, pois a existência de um (bom) plano retrata a preocupação municipal (ou intermunicipal) em atender a legislação e elaborar estratégias e metas, além de se organizar e se preparar para buscar um sistema de GRS sustentável e de qualidade.

Isso levanta a hipótese de que a classificação obtida pela *DEA* teve maior influência dos dados financeiros e de massa coletada do que das demais informações. Por exemplo o caso de Claraval, classificada como eficiente, mas apenas dois parâmetros foram considerados como positivos para a qualidade da GRSU, sendo a disposição final em aterro sanitário regularizado e existência de logística reversa. Porém, Claraval foi o município que cadastrou a menor despesa absoluta e menor proporção da “despesa total com serviços de manejo de RSU em relação aos gastos municipais com demais serviços”.

No entanto, há a possibilidade de três municípios (Prudente de Morais, Sacramento e Itabira), que declararam não possuir PMGIRS, possuírem este documento. Pois, Planos Municipais de Saneamento Básico podem atuar como Planos de gestão de resíduos, desde que atendam aos requisitos e contemplem o conteúdo mínimo previsto no Art. 19º da PNRS (Brasil, 2010b). Mesmo que a análise dos Planos não seja o objetivo da pesquisa, estes três PMSB foram investigados para verificar se atendem o Art. 19º da Política. O resultado desta análise está disposto na Tabela 11.

A existência de Planos, seja de resíduos sólidos ou de saneamento básico, é um indicativo de engajamento municipal em busca de qualidade e sustentabilidade na prestação dos serviços e da GRSU. Novamente, esse resultado ilustra que a simples existência destes documentos não é suficiente, sendo necessária uma análise crítica da qualidade destes planos, verificando se o conteúdo mínimo previsto é atendido, se as metas e estratégias são viáveis e aderentes à realidade local e se tais documentos estão sendo revisados e atualizados devida e regularmente.

Tabela 11: Síntese da análise de conteúdo dos PMSB de Prudente de Morais, Sacramento e Itabira.

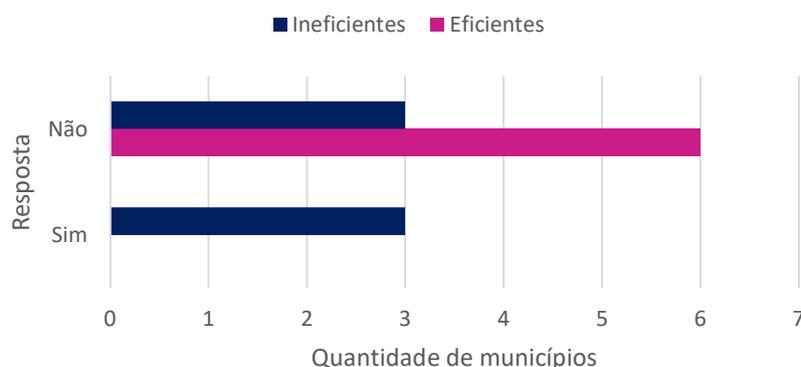
Município	Municipal ou intermunicipal	Ano de publicação	Nº de incisos atendidos	Observações da autora
Prudente de Morais	Municipal	2015	5	Alguns trechos que poderiam ser utilizados para diagnóstico, prognóstico, estabelecimento de metas e proposta de ações é utilizado para apresentar conceitos e listar normas referentes ao manejo de RSU. Apesar da população (<20.000 hab) permitir a elaboração de um plano simplificado, considerou-se o PMSB superficial.
Sacramento	Intermunicipal	2020	19	Plano atendeu a todos os incisos do artigo, sendo considerado como um plano de qualidade. Por se tratar de um plano intermunicipal, alguns municípios não foram retratados em alguns itens.
Itabira	-	-	-	O Plano não foi encontrado no <i>site</i> da prefeitura, cuja ouvidoria orientou a contatar a SAAE de Itabira (não houve retorno).

Fonte: Autora (2024).

No caso da participação de consórcios intermunicipais, a Figura 39 indica que metade dos municípios ineficientes declarou não integrar este tipo de arranjo. Este resultado foi considerado como coerente, pois esses municípios são de grande porte (Uberlândia, Juiz de Fora e Itabira). Porém, a proporção de municípios que declararam não participar de consórcio foi inesperada, uma vez que a maioria dos doze selecionados é de pequeno porte e, teoricamente, seria mais atrativo para a organização intermunicipal

participar do consórcio. Vale lembrar que houve inconsistência entre o panorama estadual e a investigação realizada quanto à participação de consórcio, como no caso de Sacramento.

Figura 39: Quantidade de municípios que são (ou não) integrantes de consórcio intermunicipal de resíduos sólidos dentre os mais eficientes e ineficientes.



Fonte: Autora (2024).

Os consórcios identificados e seus respectivos municípios são:

- Santa Rita de Caldas (8.460 habitantes¹⁵): CPGI (Consórcio Público para Gestão Integrada);
- São Lourenço (44.798 habitantes¹³): CISAB SUL e CIDESESA;
- Dolores de Campos (10.007 habitantes¹³): CIGEDAS.

O CPGI iniciou em 2015, na busca de alternativas para viabilizar uma estratégia de acesso universal da população aos serviços públicos de tratamento de RS, buscando uma oferta do serviço com qualidade e custos módicos. Inicialmente, os municípios se organizaram para a manutenção e operação conjunta do aterro sanitário localizado no município de Andradadas. Atualmente (dezembro de 2023), o consórcio também compartilha o serviço de inspeção municipal (S.I.M) e de iluminação pública, mas os municípios integrantes do consórcio diferem de acordo com o tipo de serviço (CPGI, 2023).

Este consórcio foi um dos piores classificados pela média dos escores de eficiência dos municípios integrantes. O valor do escore médio foi de 0,83 e nenhum dos cinco municípios foi classificado como eficiente. No caso, Santa Rita de Caldas foi a cidade que apresentou o menor escore de eficiência (0,5) deste consórcio.

¹⁵ Dados obtidos no censo 2022 (Ibge, 2023b).

O CISAB SUL, consórcio com sede no município de Boa Esperança - MG, foi fundado em 2013, mas somente a partir de 2015 deu início à prestação de serviços de regulação através de seu órgão regulador (Pereira, 2022). Segundo o Protocolo de Intenções do CISAB SUL teve o objetivo de “criar uma autarquia inter federativa com a finalidade principal de prestar serviços de apoio aos serviços de saneamento básico de cada um dos municípios consorciados” (Cisab Sul, 2013, p.4). No próprio protocolo, eles citam a definição de saneamento básico apresentado na Lei nº11.445/07, se referindo a quaisquer serviços que englobe abastecimento de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos ou manejo de águas pluviais.

No caso do consórcio CIDESESA, não foram encontrados sítios eletrônicos da própria organização, dificultando a caracterização do funcionamento e dos serviços prestados. Apesar disso, levantou-se que o consórcio CIDESESA conta com nove municípios, com população total estimada em 119.741 habitantes e que os serviços prestados incluem: coleta convencional de resíduos domiciliares, disposição final em aterro sanitário, limpeza pública, e outros serviços de manejo de resíduos sólidos (Sinir, 2021).

Por fim, o consórcio CIGEDAS engloba 20 municípios, foi fundado em 2013 e tem como finalidade “a gestão e desenvolvimento socioambiental sustentável dos resíduos sólidos, saneamento básico e recursos hídricos” (Rocha, 2016, p. 33). Os serviços prestados incluem: Responsabilidade Técnica pelas Usinas de Triagem e Compostagem e Transbordo; Realização de Leilões dos materiais reciclados; Transporte de Resíduos Sólidos: Contêineres (para grandes geradores) e até o aterro (Juiz de Fora e Nepomuceno) (Cigedas, 2023).

O *site* deste consórcio é bastante esclarecedor e organizado, sendo fornecido desde informações institucionais, até programas e cartilhas educativas. Além disso, o consórcio disponibiliza os planos municipais de saneamento básico dos municípios e o plano intermunicipal de RS. Este último plano engloba catorze (representando 93.937 habitantes urbanos¹⁶) dos dezoito (representando 193.866 de habitantes urbanos¹⁴) municípios integrantes de acordo com Semad (2022b). Novamente, a pesquisa se deparou

¹⁶ Estimativa realizada pelo IBGE referente ao ano de 2021 e disponibilizado no SNIS (2023).

com inconsistências entre diferentes fontes, pois no *site* do próprio consórcio estavam listados vinte municípios integrantes.

Além de serem recomendados pela PNRS, os consórcios são considerados como uma solução para os desafios políticos e gerenciais para o manejo de RSU e resultam em uma redução de despesas municipais quando comparados com um manejo de RSU de forma individualizada, principalmente se tratando de municípios pequenos (Silvestre *et al.*, 2019). Duarte (2023, p. 73) esclarece que

na perspectiva do governo federal, a necessidade da prestação regionalizada também se justifica pela experiência de sucessivos investimentos fracassados em municípios que, individualmente, não tinham condições estruturantes de prestar os serviços adequadamente, nem de manter as infraestruturas.

A identificação dos fatores que influenciam os governos locais em adotar esta estratégia de ação ainda é incerta (Fernandes *et al.*, 2020). Os autores argumentam que os resultados são afetados pela dinâmica política, econômica e social no país. Mas que, ainda assim, a utilização dos consórcios públicos (contexto da administração pública brasileira), é uma alternativa capaz de contribuir para promoção do desenvolvimento local e melhoria da prestação dos serviços públicos, favorecendo a complementação de recursos e a troca de experiências entre os participantes (Borba; Oliveira, 2020).

Entretanto, o resultado observado na *DEA* vai de encontro desses autores, pois os municípios eficientes são em sua maioria de pequeno porte e não integram consórcios intermunicipais. Por isso, supõe-se de que a ferramenta (*DEA*) foi mais reducionista do que o desejado, pois fatores tais como despesas e massa coletada foram mais relevantes do que demais parâmetros relacionados ao manejo de RSU.

No caso da cobrança pelo serviço de limpeza urbana, Figura 40, constatou-se que todos os municípios classificados como eficientes não fazem a cobrança, enquanto que a maioria dos ineficientes realiza. Este parâmetro é relevante para a caracterização do sistema de GRSU municipal, pois a gestão de resíduos sólidos representa um expressivo gasto para os municípios, além de ser uma estratégia para promover a sustentabilidade econômico-financeira e responsabilização dos cidadãos pelos seus resíduos gerados (Ribas; Pinheiro, 2019).

Conforme levantado por Alzamorra e Barros (2023), a cobrança é uma realidade em diversos países, sendo identificado diferentes formas de uso da ferramenta. Os autores observaram que normalmente os países desenvolvidos se mostram mais avançados neste quesito, com uma maior presença de ferramentas do tipo *PAYT* (*pay as you throw*). No

caso de países em desenvolvimento, como o Brasil, ainda não realiza a cobrança ou estão no processo de universalização do uso desta ferramenta. Para melhorias no sistema de cobrança, é necessária uma maior maturidade em relação à GRS além de um maior respaldo legal.

Figura 40: Quantidade de municípios que realizam (ou não) cobrança pelo serviço de coleta, transporte ou disposição final de resíduos sólidos.



Fonte: Autora (2024).

Segundo Oliveira (2018), municípios brasileiros que adotaram sistemas de cobrança por volume ou quantidade de resíduos descartados, registraram uma diminuição da geração per capita de resíduos. Os benefícios provenientes da cobrança também foram observados na Coreia do Sul, país que adotou um sistema de cobrança em 1995 voltado para os domicílios e pequenos comércios (Park; Lah, 2015). A cobrança é realizada por meio da venda dos sacos em que os resíduos não recicláveis devem ser acondicionados, quanto maior o volume (varia de 2 a 100 litros), maior o custo. Os resíduos recicláveis devem ser dispostos em contêineres específicos, sem necessidade de pagamento adicional. O estudo identificou um aumento da reciclagem após a implementação do sistema *PAYT*, mas que também foi atribuído a promoção de outras iniciativas, como políticas de responsabilidade estendida.

O apoio jurídico existente está previsto no Art. 44º da PNRS (Brasil, 2010b), que prevê a tributação como instrumento econômico para a realização de seus objetivos e a alteração da Lei nº 11.445/2007 (Brasil, 2020), conhecida como Novo Marco Legal do Saneamento Básico, que prevê a remuneração dos serviços públicos de saneamento por meio de cobrança aos usuários com o objetivo de garantir a sua sustentabilidade econômico-financeira.

Segundo Ribas e Pinheiro (2019), a promoção de um desenvolvimento ambientalmente sustentável depende da reflexão sobre os custos associados ao financiamento de políticas ambientais. Diante da expressividade dos gastos com a gestão

de resíduos, a cobrança pelo serviço revela-se como um instrumento bastante atrativo para a promoção de sustentabilidade ambiental. A taxa/tarifa seria uma forma de garantir o financiamento dos serviços de coleta e manejo de RS, liberando parte expressiva dos recursos municipais antes destinados ao financiamento destes serviços para outras finalidades de interesse público.

Todavia, a instituição de uma adequada política de cobrança depende da correta aplicação a metodologia adotada. Para isso, é condição necessária e indispensável que os recursos financeiros gerados com a cobrança sejam efetivamente aplicados para a execução e sustentabilidade dos serviços (Funasa, 2020).

No caso de municípios de pequeno porte, os custos atrelados ao tema nos países em desenvolvimento, como no Brasil, dificilmente possuem uma arrecadação específica para atendimento. Mesmo quando existe, essa arrecadação é pequena, gerando um déficit para as administrações municipais. De acordo com o estudo de caso realizado por Merloto (2021), onde foi avaliado um município de cerca de 36.000 habitantes no período de 2017 a 2020, os custos tiveram um impacto significativo no orçamento anual do município. Os resultados apontaram que o setor representava 1,6% do orçamento municipal, sendo projetado que, sem qualquer outra providência, chegaria a 7,48% caso atendesse todas as exigências previstas na PNRS.

Em outras palavras, aquele autor encontrou que os custos para atender a legislação eram de R\$ 111,50 habitante/ano e passariam para R\$ 237,40 habitante/ano. Ou seja, é evidente que o uso de instrumentos financeiros, como cobrança pelo serviço de manejo de RS e limpeza urbana não é só adequada como indispensável para que as prefeituras tenham sustentabilidade econômico-financeira e consigam distribuir o uso de seus recursos financeiros em diferentes setores para atender a demandas diversas, como educação, saúde, segurança e mobilidade, por exemplo.

Além da negligência por parte dos municípios em relação à cobrança (todos os eficientes não realizam a cobrança), considerou-se que a *DEA* também não deu o devido peso para estas variáveis no cálculo dos escores de eficiência e das folgas, resultando em uma incoerência entre a classificação de eficiência, cumprimento de legislações e organização intermunicipal para gerenciar melhor os recursos financeiros.

A Figura 41, a seguir, apresenta a massa coletada *per capita* de resíduos dos municípios eficientes e ineficientes. Observa-se que a diferença mais nítida é relacionada à variância dos dados. Os municípios classificados como eficientes (indicados pela cor

azul), apresentaram uma maior variabilidade deste dado e coletaram mais resíduos por habitante do que os ineficientes. Uma vez que todos os municípios, eficientes e ineficientes, declararam atender 100% da população urbana com coleta porta a porta, levanta-se a hipótese de que os cidadãos dos municípios eficientes geraram mais resíduos em 2021.

Figura 41: *Boxplot* da massa coletada total de resíduos dos municípios mais eficientes e ineficientes (kg/hab.dia).

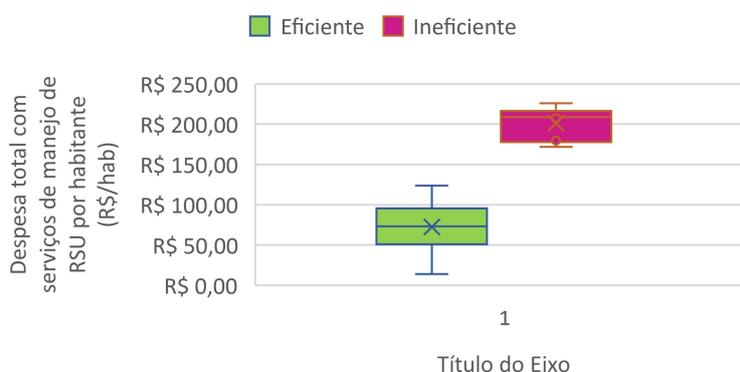


Fonte: Autora (2024).

Entretanto, a variável contabiliza os resíduos domiciliares e os públicos, ou seja, os resíduos provenientes dos serviços de varrição e limpeza pública. Dessa forma, também faz sentido associar esta maior coleta e geração dos RS com a área e o porte populacional dos municípios ineficientes. Por exemplo, Uberlândia, Juiz de Fora e Itabira são os três municípios mais populosos deste diagnóstico e todos foram considerados como ineficientes pela *DEA*.

Em relação à despesa total com o serviço de manejo, Figura 42, observa-se que os municípios eficientes apresentaram uma despesa *per capita* menor que a dos ineficientes.

Figura 42: *Boxplot* da despesa total com os serviços de manejo de resíduos sólidos por habitante (R\$/hab.ano) dos municípios mais eficientes e ineficientes.



Fonte: Autora (2024).

Esse resultado é coerente e corrobora com a hipótese levantada sobre a técnica *DEA* ter sido mais reducionista, tendo maior influência da despesa e da massa coletada do que as demais variáveis. Apesar de ser intuitivo que os municípios eficientes tenham uma

despesa menor, este resultado não era o esperado, principalmente quando associado com a questão de cobrança pelo serviço. Isso, porque esperava-se que os municípios que não possuem um mecanismo de cobrança (todos os classificados como eficientes), teriam uma despesa maior do que aqueles que cobram (ineficientes), pois o valor arrecadado amorteceria o custo para a gestão municipal. Mesmo assim, para diminuir as despesas e também a variação dos dados, recomenda-se a integração em consórcios para ratear os custos relacionados com o manejo de RSU e realizar a cobrança pelo serviço, considerando a limitação de acesso a recursos financeiros da união por parte destes municípios pequenos.

Complementarmente a esta discussão, a proporção da despesa total com os serviços de manejo de RSU em relação aos demais gastos municipais também teve o mesmo comportamento do resultado apresentado anteriormente. Como pode ser visto na Figura 43, as despesas dos municípios eficientes comprometem uma proporção menor dos gastos municipais. Esse resultado era o esperado, uma vez que uma GRSU eficiente implica em prestação de serviços de forma otimizada e com atuação de diversos setores da sociedade, o que resulta na descentralização das responsabilidades e das obrigações e, conseqüentemente, redução dos gastos.

Figura 43: *Boxplot* da proporção da despesa total (%) com serviços de manejo de RSU em relação aos gastos municipais com demais serviços (educação, segurança, saúde etc.).

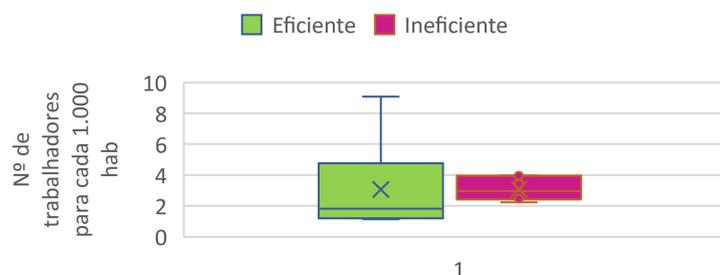


Fonte: Autora (2024).

Em relação à quantidade de trabalhadores, os dados foram relacionados com a população urbana dos municípios, obtendo assim a quantidade de trabalhadores existentes (em 2021) para cada 1.000 habitantes, Figura 44. Pelo *boxplot*, há evidências de que os dois grupos analisados são diferentes, uma vez que a mediana dos eficientes está posicionado além dos quartis do grupo ineficiente, indicando que os eficientes demandam por uma menor quantidade de trabalhadores a cada 1.000 habitantes. Este resultado foi considerado como coerente, uma vez que uma GRSU eficiente pode resultar na redução de recursos, sendo replicável para a mão de obra. Além disso, destaca-se que os

municípios eficientes registraram entre 1 e 3 trabalhadores a cada 1.000 habitantes, com exceção do município de Doresópolis (9 trabalhadores/1.000 hab), enquanto que os municípios ineficientes relataram ter de 2 a 4 trabalhadores para cada 1.000 habitantes.

Figura 44: *Boxplot* da quantidade total de trabalhadores a cada 1.000 habitantes envolvidos com o serviço de manejo de RSU dos municípios mais eficientes e ineficientes.



Fonte: Autora (2024).

Pelos quatro gráficos, compreende-se que os os três primeiros influenciaram mais na classificação de eficiência do que os outros, pois apresentaram mais diferença entre os dados originais. A média e mediana dos municípios ineficientes se encontra dentro do segundo e terceiro quartil dos municípios eficientes. Ou seja, não há indícios de que haja diferença entre os dois grupos.

Por fim, a última característica a ser mencionada é em relação à destinação final dos RSU. Dez municípios destinaram seus resíduos para unidades regularizadas, sendo que um desses também contava com uma unidade de triagem e compostagem regularizada. Porém, Doresópolis e Campo Azul, classificados como eficientes, ainda destinavam os seus resíduos para lixões no ano de 2021. Este retrato é contraditório, pois não é coerente considerar que um município que ainda conta com estas áreas para o depósito dos RSU sem qualquer controle ambiental possa ser classificado como uma gestão eficiente.

Estes resultados inesperados foram atribuídos à diferença existente entre as variáveis consideradas na *DEA* e as consideradas para o diagnóstico. A envoltória de dados considerou mais dados quantitativos, como os dados financeiros e de despesas municipais ou informações referentes à coleta regular dos RSU. Ou seja, uma vez que a técnica retorna uma fronteira de eficiência diferente dependendo das unidades e variáveis consideradas, os 96 municípios classificados como eficientes pela variação BCCin são resultado desses terem despesas em menores proporções em relação aos demais gastos e menor massa de RSU coletada. Porém, estas informações são insuficientes para

classificar uma gestão como eficiente ou ineficiente, sendo necessário ponderar as demais etapas de manejo de RSU além de uma correta interpretação dos indicadores.

Por exemplo, uma maior massa coletada pode representar a universalização do serviço de coleta, mas também pode retratar a maior geração *per capita* dos RSU, o que confrontaria os princípios preventivos previstos na PNRS (não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada). Além disso, deve-se detalhar qual o tipo de coleta que a massa registrada representa, pois uma maior massa destinada para a coleta seletiva difere da massa para coleta convencional, representando uma maior taxa de recuperação dos materiais recicláveis em vez da destinação dos mesmos a aterros sanitários/lixões.

Complementarmente a esta análise, sabe-se que a situação atual de muitos municípios de pequeno porte retrata sua não adequação à Lei nº 12.305/2010, com vistas de degradação ambiental pela má disposição final dos RS e da má assistência à comunidade de catadores de recicláveis (Santos; Pinto Filho, 2022; Macedo; Lange, 2018). Esta dificuldade é decorrente da falta de recursos financeiros e de profissionais preparados (Pereira; Souza, 2017), reforçando o consórcio intermunicipal como um cenário atrativo. Apesar de haver municípios que estão de acordo com a referida lei com a existência de aterro sanitário como dispositivo adequado da destinação final de RSU, ainda necessitam revisar os planos de gerenciamento municipal, uma vez que existem fragilidades em suas ações, dificultando a efetivação de um modelo de gestão ideal.

Esta discussão é apoiada no resultado de que Claraval, município que além de ser classificado como eficiente, é o que foi referência de eficiência mais vezes. Conforme já discutido, dentre as variáveis incorporadas na análise, as únicas consideradas como positivas foram a existência de logística reversa e destinação dos resíduos ambientalmente adequada. Porém, todos os demais fatores relevantes para a gestão de resíduos sólidos inexistem no município, sendo na realidade um diagnóstico negativo. Concomitante a este retrato, o levantamento de informações da GRSU do município de Claraval foi insatisfatório, pois não foram encontrados arquivos no *site* da prefeitura, assim como demais fontes jornalísticas, tornando ainda mais duvidosa a eficiência da GRSU. Portanto, apesar de a ferramenta estar consolidada e amplamente utilizada em diferentes tipos de estudos de casos, incluindo aqueles na área de RS, considerou-se a ferramenta como limitada para analisar um sistema (de gestão de resíduos sólidos) deste nível de complexidade.

5.4.2. Escala consórcio

A escolha de discutir as eficiências agrupadas por consórcios se deu pela maior simplicidade em se propor estratégias e por ser a divisão administrativa mais considerada pelos tomadores de decisão. Apesar da formação dos ATOs ser baseado em uma análise socioambiental, não foram encontradas evidências de que tais regionalizações propostas estavam sendo utilizadas na prática pelos gestores locais. Este fenômeno também foi observado por Macedo e Lange (2018), onde constataram que 61 municípios mineiros consorciados (ano referência 2017) encontravam-se localizados em 15 ATOs propostos no Plano Preliminar de Regionalização, o que correspondia a um percentual de atendimento aos ATOs de 32,78% dos municípios consorciados. Portanto, a alternativa de se investigar os conjuntos de municípios por ATOs foi desconsiderada.

Em relação ao ano de 2021, também foi observado que os consórcios existentes ainda não se adequaram a proposta de regionalização dos ATOs, apesar da evolução comparada com 2017. A Figura 45 ilustra que apenas oito consórcios eram formados por municípios do mesmo ATO. Os demais, participavam de mais de 1 ATO diferente, sendo o consórcio CISAB ZM (Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Zona da Mata de Minas Gerais), composto por 30 municípios (representando 397.854 habitantes urbanos ou 2% referente aos 633 municípios estudados) e o que contou com a maior quantidade de ATOs diferentes, totalizando 11.

De acordo com Duarte (2023), os arranjos definidos pelos Estados ainda não se reverteram em consórcios por diversas razões, entre as quais mencionam-se a baixa qualidade de alguns planos estaduais, pequena participação municipal no processo de planejamento, o desconhecimento das possibilidades e prerrogativas dos consórcios intermunicipais (fruto em parte do despreparo dos gestores locais) e a falta de interesse dos chefes dos executivos municipais por questões político-partidárias. Assim, identifica-se que a falta de atuação dos governos é a maior fragilidade, demandando por estratégias para que os gestores compreendam a relevância e as melhorias provenientes da integração destas organizações intermunicipais, de acordo com os ATOs.

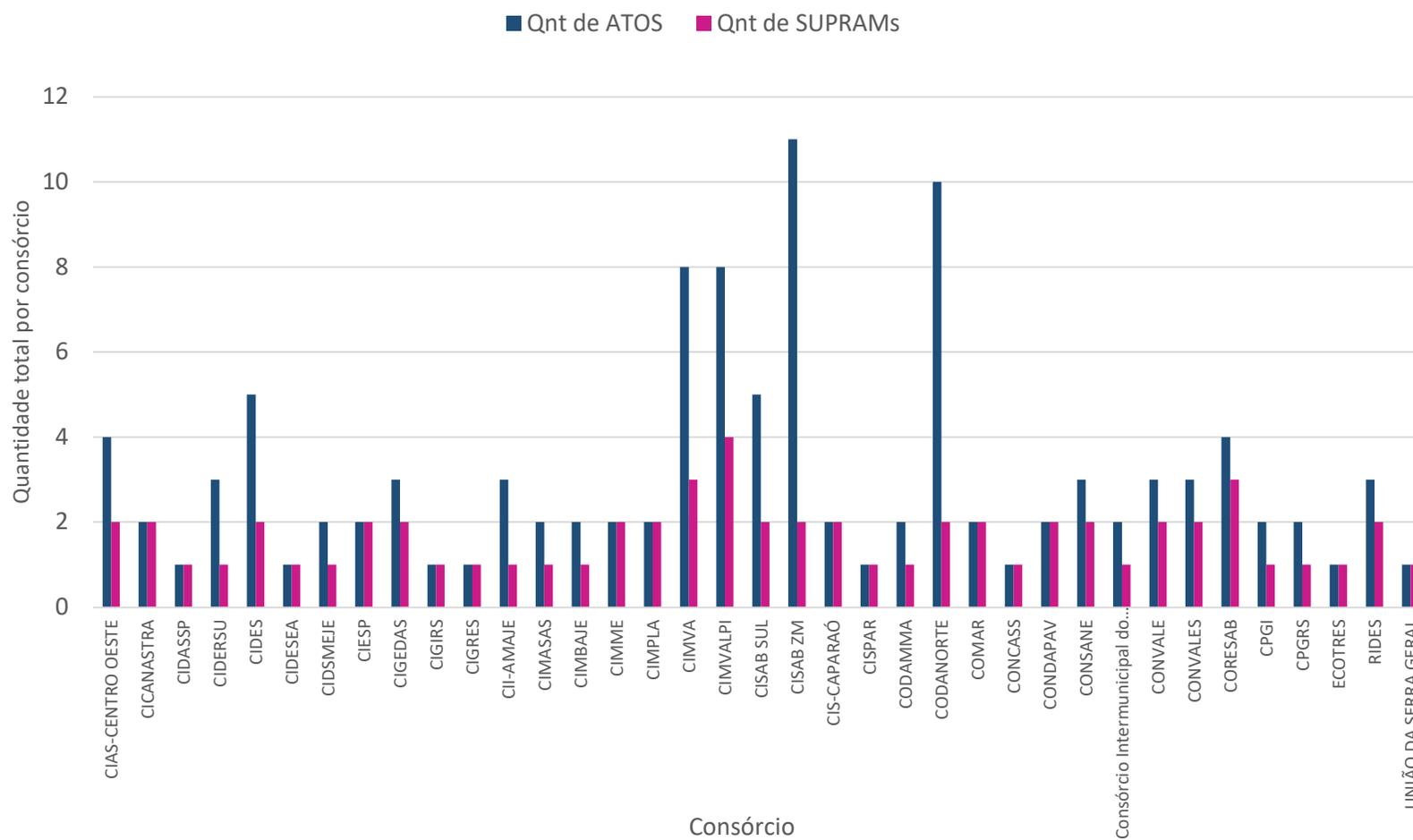
Em relação às SUPRAMs, 19 consórcios eram constituídos por municípios de uma única SUPRAM. A maioria dos consórcios contava com 2 SUPRAMs, e o que apresentou uma maior quantidade foi também o consórcio CIMVALPI, com 4 SUPRAMs diferentes. Assim, considera-se que os consórcios tendem a seguir mais a divisão territorial das Superintendências se comparado com a divisão dos ATOs.

Além disso, a divisão territorial de acordo com as Superintendências é a territorial mais utilizada para a organização do Estado e nas tomadas de decisões. Por exemplo, o licenciamento ambiental é feito de acordo com a SUPRAM ao qual determinado empreendimento está situado. Os “Panoramas resíduos sólidos urbanos em MG”, os quais são publicados anualmente, também apresentam os dados de acordo com as SUPRAMs. Ou seja, considera-se atrativo realizar o diagnóstico a partir dessa divisão, podendo facilitar a obtenção de informações e proposição de melhorias.

Entretanto, optou-se pelo aprofundamento da discussão baseando-se nos consórcios de RS, de forma a incentivar esta organização intermunicipal em prol de uma gestão de resíduos de qualidade, dada a predominância de municípios de pequeno porte no Estado de Minas Gerais e no Brasil. Uma vez que não foi possível detalhar todos os consórcios, selecionaram-se 4 consórcios (representando 10% do total) para o diagnóstico e proposição de melhorias (apresentado na seção 5.6). Os consórcios selecionados estão descritos no Quadro 8.

Antes de apresentar o diagnóstico destes consórcios, menciona-se a discrepância encontrada nos dados relacionados a estas organizações intermunicipais, pois o diagnóstico foi realizado a partir das informações disponíveis. No “Panorama Resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais – Ano base 2021” (Semad, 2022b), o Anexo A e Anexo B apresentam dados inconsistentes entre si, ou seja, o mesmo documento já é conflitante. Por exemplo, o Anexo A afirma que o consórcio CIMME (Consórcio Intermunicipal Multifinalitário do Médio Espinhaço) engloba 15 municípios, enquanto no Anexo B (municípios em relação à gestão e gerenciamento dos RSU) apenas 7 municípios foram incluídos no referido consórcio, enquanto que na plataforma “Infraestrutura de dados espaciais - IDE Sisema” (Semad, 2023b), foi reportado que o consórcio CIMME contava com treze municípios.

Figura 45: Quantidade de SUPRAMs e ATOs identificadas dentro de cada consórcio intermunicipal de resíduos sólidos existente em 2021.



Fonte: Autora (2024).

Quadro 8: Descrição dos consórcios selecionados para a caracterização.

Consórcio	Motivo da escolha	Municípios integrantes
CIMME (Consórcio Intermunicipal Multifinalitário do Médio Espinhaço)	Terceiro melhor escore médio e consórcio com maior parcela de municípios classificados como eficientes	Alvorada de Minas, Conceição do Mato Dentro, Congonhas do Norte, Dom Joaquim, Ferros, Morro do Pilar e Santana do Riacho
CISPAR (Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável do Alto Paranaíba)	Alto escore médio de eficiência, porém sem nenhum município eficiente	Carmo do Paranaíba, Cruzeiro da Fortaleza, Guimarânia, Rio Paranaíba, Serra do Salitre, Tiros e Varjão de Minas
CIDASSP (Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável)	Terceiro pior escore médio e nenhum município eficiente	Capetinga, Cássia, Fortaleza de Minas, Jacuí, Monte Santo de Minas, Pratápolis, São Sebastião do Paraíso e São Tomás de Aquino
ECOTRES (Consórcio Público Intermunicipal de Tratamento de Resíduos Sólidos)	Segundo pior escore médio com um terço de seus municípios eficientes	Congonhas, Conselheiro Lafaiete e Ouro Branco

Fonte: Autora (2024).

Outra disparidade é a inexistência do Consórcio Intermunicipal do Alto e Médio Carangola no Anexo A, sendo que esse foi apresentado para quatro municípios (Divino, Fervedouro, Pedra Bonita e Santa Margarida) no Anexo B. No IDE Sisema (Semad, 2023b), apenas três cidades pertencem ao consórcio, sendo estas Divino, Pedra Bonita e Santa Margarida. Ou seja, é evidente que o levantamento e a apresentação destas informações ainda são de uma grande fragilidade para Minas Gerais e é necessário padronizar tais informações para que o governo estadual e os municípios consigam se beneficiar e buscar melhorias nas suas respectivas gestões.

Essas inconsistências, em conjunto com a qualidade duvidosa dos dados do SNIS apontam a limitação técnica e a falta de comprometimento dos gestores. Todavia, este fenômeno pode estar associado com a possibilidade do município entrar ou sair do consórcio com o decorrer do tempo, cabendo à administração municipal atualizar os dados em todas as plataformas para facilitar o monitoramento. Dessa forma, algumas informações foram conferidas por meio de contato direto com as administrações responsáveis por cada consórcio, porém, nem todos os contatos foram retornados, o que resultou na descrição destes consórcios baseando-se apenas nas informações encontradas na literatura e sítios eletrônicos.

As tentativas de comunicação, ao longo do período entre fevereiro e novembro de 2023 foram realizadas por meio de correio eletrônico, telefone e portal de comunicação dos próprios *sites*. Dos quatro consórcios selecionados, dois retornaram o primeiro contato e apenas um esclareceu os questionamentos realizados, sendo este o consórcio

CIDASSP. Por isso, as informações levantadas para o diagnóstico dos consórcios e seus respectivos municípios foram baseadas nos próprios dados do SNIS (ano referência 2021), no “Panorama Resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais – Ano base 2021” (Semad, 2022b), em bibliografias técnicas (artigos científicos e estudos de casos) e nas informações dos *sites* dos próprios consórcios e prefeituras.

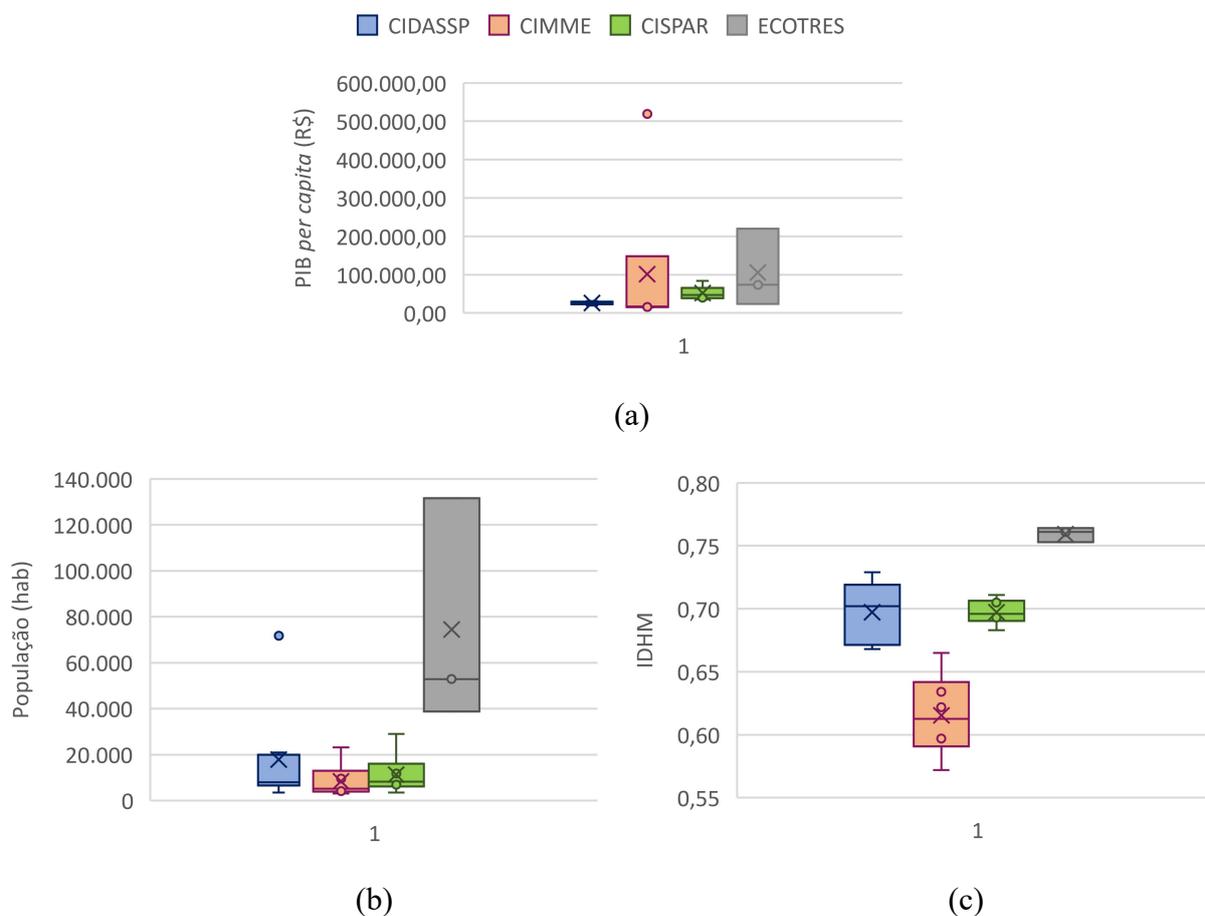
Uma vez que os municípios declarados para cada consórcio apresentaram divergência, considerou-se apenas aqueles mencionados em três diferentes fontes, sendo estas o “Panorama Resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais – Ano base 2021”, os *sites* dos próprios consórcios, e IDE Sisema. Destes municípios, dois não foram caracterizados por não contarem no SNIS de 2021, sendo os municípios de Rio Paranaíba (população total de 14.532 habitantes¹⁷) e Congonhas do Norte (população total de 4.831 habitantes¹⁵), pertencentes aos consórcios CISPARE e CIMME, respectivamente.

Em relação aos dados socioeconômicos, obtidos no IBGE Cidades (IBGE, 2023a), a Figura 46 apresenta os *boxplots* dessas informações para cada consórcio. Comparando-se os *boxplots*, há evidências de que o IDHM seja diferente entre os consórcios, exceto CISPARE e CIDASSP. Isso porque as medianas do consórcio ECOTRES e CIMME se encontram posicionados além dos limites das caixas dos demais grupos. Esta análise também se aplica para o caso da população do consórcio ECOTRES, pois é nítido que os municípios deste consórcio possuem maiores portes populacionais do que os outros três consórcios. No caso do PIB *per capita*, Figura 46 (a), não há evidências de diferença entre os quatro consórcios. No entanto, o consórcio CIDASSP foi o que apresentou o menor PIB *per capita* e uma menor variância dos dados.

Em relação ao PIB *per capita*, destacam-se os municípios de Conceição do Mato Dentro (CIMME) e Ouro Branco (ECOTRES), pois ambos apresentaram valores bastante superiores aos demais municípios. No caso de Conceição do Mato Dentro, o valor do PIB *per capita* registrado foi R\$ 519.040,92, sendo aproximadamente 10 vezes o valor do segundo maior PIB do mesmo consórcio. Isso justifica esta observação ter sido considerada como *outlier* na Figura.

¹⁷ IBGE (2023a).

Figura 46: *Boxplot* das informações socioeconômicas dos 4 consórcios escolhidos para investigação.



Fonte: Autora (2024).

De acordo com a prefeitura de Conceição do Mato Dentro (Conceição [...], 2023), o município conta com a atividade minerária, agropecuária, pecuária, indústria de pequeno porte e indústria artesanal. Além disso, o turismo tem papel fundamental na economia da cidade, contando com segmentos diversos, como: religioso, ecoturismo, cultural, histórico, gastronômico, entre outros.

No caso de Ouro Branco, o PIB (R\$ 219.860,00) é mais do que o dobro de Congonhas, município este com o segundo maior PIB *per capita* do consórcio ECOTRES. O município fez parte do processo de industrialização brasileira, através da implantação da siderúrgica Açominas, ocorrida na década 1970, atual Gerdau, que inaugurou o ciclo do aço. Além disso, em 2008 iniciou o chamado “Ciclo do Conhecimento”, fenômeno decorrente da chegada da Universidade Federal de São João Del-Rei (Campus Alto Paraopeba), cuja fase está se concretizando com a instalação do Instituto Federal de Minas Gerais (IFMG). Com isso, a chegada de novos habitantes vem fomentando o mercado local, sendo considerado como atual potencial os setores de turismo, lazer, serviços e comércio (Ouro [...], 2023).

A maioria dos municípios é de pequeno porte, isto é, população total inferior a 20.000 habitantes. As cidades que não se enquadram nesse padrão são os pertencentes ao consórcio ECOTRES (Conselheiro Lafaiete, Congonhas e Ouro Branco) e a cidade de São Sebastião do Paraíso (pertencente ao consórcio CIDASSP), as quais possuem população total de: 131.621 hab, 52.890 hab, 38.724 hab e 71.796 hab, respectivamente. Este retrato foi o esperado, uma vez que o propósito deste tipo de organização intermunicipal é aproveitar melhor os recursos financeiros e compartilhar os conhecimentos técnicos em prol de uma gestão de qualidade e sustentável.

Em relação à disposição final dos RSU destes municípios, a maioria dos municípios conta (em finais de 2023) com unidades que estão regularizadas, sejam AS ou UTC. Mesmo assim, a quantidade de unidades não regularizadas existentes é elevada, pois retrata o não cumprimento da Política em relação à erradicação dos lixões e conformidade com o licenciamento ambiental, como pode ser visto na Figura 47.

Dos quatro consórcios discutidos, o ECOTRES é o que se destaca quanto à disposição final, pois todos seus municípios destinam os seus resíduos para um aterro sanitário regularizado. Este retrato era o esperado, uma vez que o objetivo do ECOTRES é a solução consorciada para o tratamento dos RS domiciliares. O aterro sanitário está localizado na zona rural de Conselheiro Lafaiete e recebe resíduos de outras 18 cidades, totalizando 21 municípios e representando aproximadamente 215 t/mês. De acordo com contato realizado por Nascimento *et al.* (2022), em 2020, os municípios fundadores do consórcio cooperam com parcelas mensais fixas de R\$ 14.000,00 e pagam uma tarifa menor em comparação com os municípios que aderiram ao consórcio posteriormente.

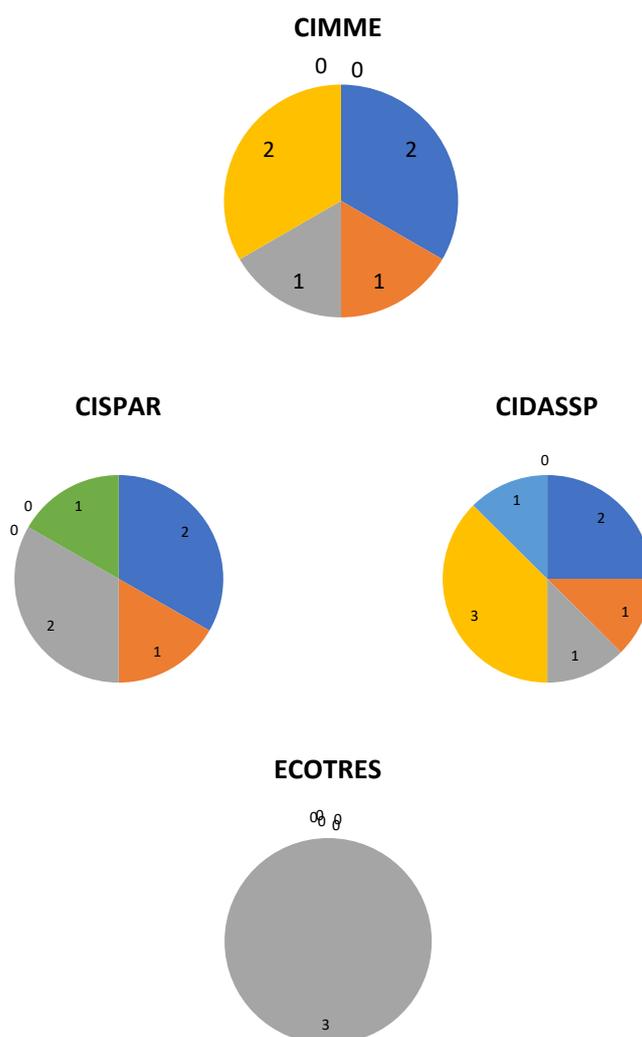
Apesar deste retrato satisfatório, o consórcio ECOTRES foi classificado como ineficiente, obtendo o segundo pior score médio. Esse resultado foi associado a dois fatores:

- A visão reducionista da GRSU para soluções isoladas e imediatistas, como a disposição final, não implica em eficiência e qualidade;
- A *DEA* levou em consideração fatores financeiros, e, conforme já discutido, tiveram maior peso para a análise de eficiência comparado com outros parâmetros.

Em seguida, o consórcio CIMME é que mostra melhor retrato quanto à disposição final. Isto, porque metade dos municípios destinou seus resíduos para unidades regularizadas, sendo um AS e duas UTCs. Dois dos municípios irregulares ainda destinam seus resíduos em lixão (Morro do Pilar e Ferros) e uma cidade em UTC não regularizada

(Dom Joaquim). Apesar de ser o segundo melhor consórcio neste quesito, o cenário ainda é considerado como insatisfatório, dado que metade dos municípios integrantes está irregular.

Figura 47: Quantidade de municípios de cada consórcio de acordo com os tipos de disposição final dos RSU.



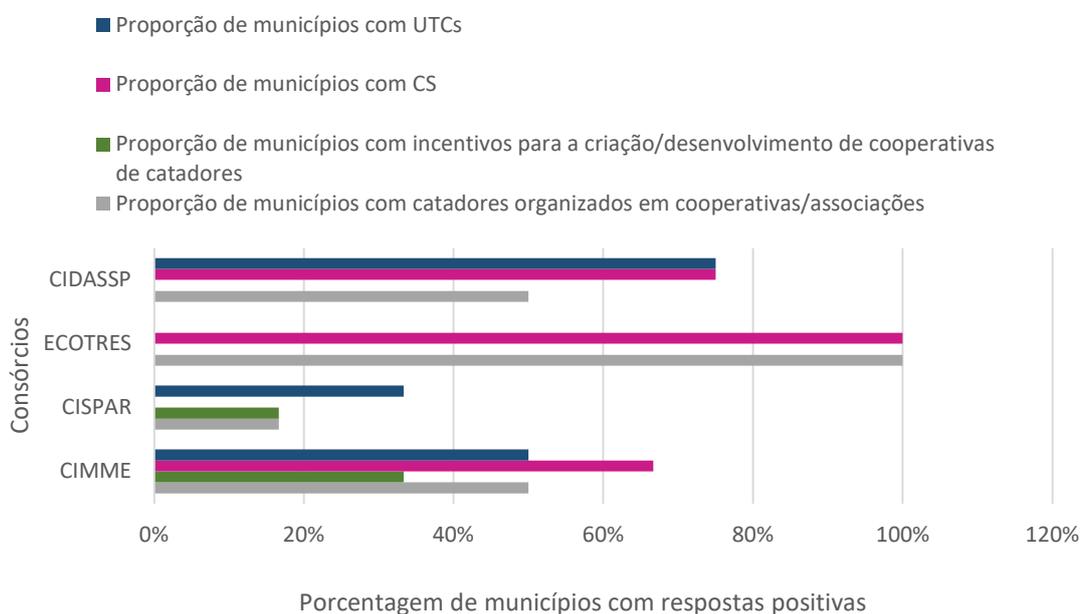
Fonte: Autora (2024).

Em relação a situação dos catadores de materiais recicláveis e coleta seletiva, a Figura 48 indica que o consórcio ECOTRES é o mais avançado neste quesito, como no caso da disposição final dos resíduos. Apesar de ser o menor consórcio diagnosticado nesta etapa, contando com apenas 3 municípios, todos declararam ter sistema de coleta seletiva e que os catadores estão organizados em cooperativas ou associações, mesmo sem contar com incentivos municipais e unidades de triagem/compostagem.

O CIDASSP, um dos maiores consórcios estudados nesta pesquisa, onde 75% das cidades relataram ter coleta seletiva e UTC, atendendo 131.539 habitantes (IBGE, 2023a). O município de Jacuí destaca-se negativamente, pois declarou que não possui sistema de coleta seletiva, os catadores não estavam organizados em associações e a UTC encontrava-se como não regularizada.

Em relação ao consórcio CIMME, um dos melhores classificados pela *DEA*, observou-se que apenas a existência de coleta seletiva foi positiva para mais da metade dos municípios. As outras três variáveis indicam que metade ou menos possuem catadores associados e programas de incentivos para a criação/desenvolvimento de cooperativas. Este foi um dos sete consórcios que receberão recursos financeiros para a implantação de uma usina de triagem mecanizada, sendo o projeto previsto para o município de Conceição do Mato Dentro (Evans, 2022). Por último, o consórcio CIPAR é considerado como o pior consórcio em relação aos quatro parâmetros retratados na Figura 48, pois a minoria dos municípios declarou de forma positiva no SNIS a estas quatro informações.

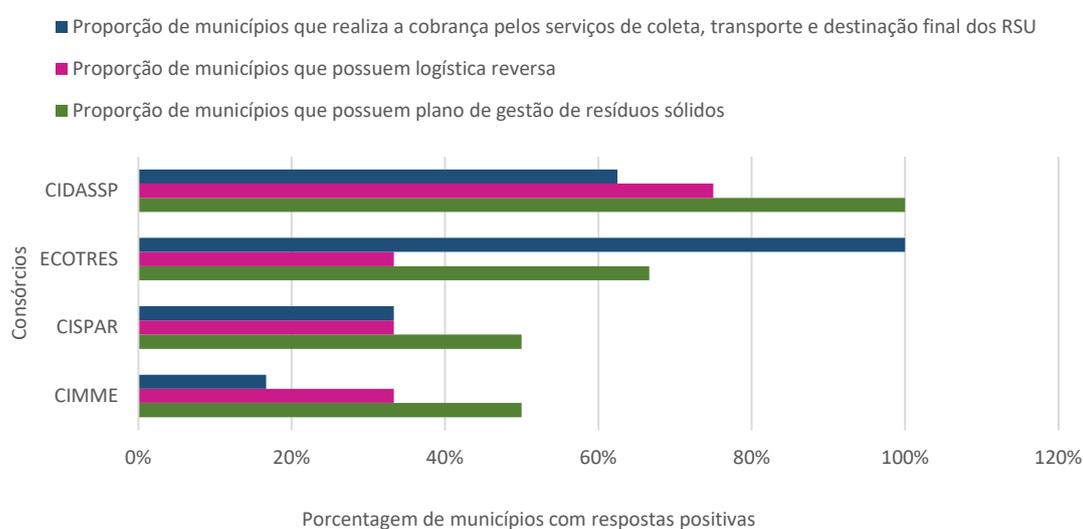
Figura 48: Panorama dos catadores e da coleta seletiva dos consórcios investigados de acordo com a proporção de municípios de cada consórcio para cada parâmetro.



Fonte: Autora (2024).

A Figura 49, a seguir, apresenta o retrato dos consórcios em relação à implementação de um sistema de logística reversa.

Figura 49: Panorama dos consórcios investigados em relação à existência de planos, logística reversa e cobrança pelo serviço de manejo de RSU.



Fonte: Autora (2024).

A Figura 49 aponta que, apesar da existência de plano ter apontado uma certa negligência por parte dos municípios, esta variável pode ser considerada como a mais avançada, pois todos os consórcios tiveram ao menos metade de seus municípios declarando com Planos existentes. Entretanto, menciona-se novamente que a qualidade de tais planos, assim como o atendimento do conteúdo mínimo e a periodicidade de revisão não foram avaliados. Além disso, reforça-se que o presente diagnóstico e análise de eficiência foram realizados a partir dos dados autodeclarados no SNIS, sistema este considerado como frágil e de veracidade duvidosa, conforme pontuado anteriormente.

O consórcio CIDASSP é o mais avançado nesse aspecto. A maioria (75%) dos municípios declarou realizar a coleta diferenciada de ao menos um tipo dos resíduos passíveis de logística reversa. Destes, destacam-se os municípios Jacuí, Pratápolis e São Sebastião do Paraíso, pois afirmaram realizar a coleta de todos os tipos de resíduos listados no SNIS. Este consórcio (CIDASSP) também se destacou quanto à existência de Planos de Gestão de Resíduos Sólidos, pois todos os municípios declararam possuir tal documento.

No Plano de 2021, o consórcio confirma a existência de coleta diferenciada para alguns resíduos específicos (óleos, colchões, pneus, entre outros). Entretanto, no documento não está claro o destino destes resíduos após a coleta, sendo esclarecido pelo setor jurídico do CIDASSP por meio do contato pessoal realizado através correio eletrônico, cujo retorno foi realizado em outubro de 2023. O manejo destes resíduos é intermunicipal: após serem recolhidos são armazenados temporariamente em dois

galpões que são gerenciados pelo próprio consórcio, os quais estão localizados no município de São Sebastião do Paraíso. Em seguida, estes resíduos são encaminhados para empresas conveniadas que realizam a disposição final.

No caso dos colchões, pneus e lixo eletrônico, o consórcio realiza apenas o recolhimento e armazenamento temporário, auxiliando a coleta por parte das empresas conveniadas. Já as lâmpadas são descontaminadas e trituradas, permitindo a reciclagem do caco de vidro proveniente destes materiais. Por último, o óleo de cozinha também é armazenado, porém realiza-se a troca por óleo novo ou arroz, cabendo à prefeitura responsável pela coleta do óleo usado distribuir para as entidades, associações ou famílias cadastradas (o CIDASSP não interfere nesta decisão).

Por último, discute-se a cobrança pelos serviços de manejo de RS. O consórcio ECOTRES se destaca por todos os municípios cobrarem pelos serviços de limpeza urbana. Apesar de ser o menor consórcio dentre os analisados (com apenas 3 municípios integrantes), é o que possui a maior população 223.235 habitantes. Ou seja, o impacto socioambiental de uma GRSU inadequada é maior se comparado com outros consórcios, como o caso do consórcio CIMME, cuja população total é de 50.256 habitantes e apenas o município de Conceição do Mato Dentro realiza a cobrança pelos serviços.

Assim como na investigação em escala municipal, o diagnóstico dos consórcios também indicou que há incongruências nos resultados obtidos na DEA, sendo indispensável o olhar crítico do gestor responsável para a tomada de decisão. Além da constatação de que a ferramenta valorizou mais a questão da coleta e despesa para a eficiência das gestões, no caso dos consórcios não foi considerado a questão organizacional nem testada uma nova análise envoltória considerando dados do próprio consórcio em vez de dados municipais, sendo esta uma limitação da pesquisa em si. Ademais, o objetivo desta análise era justamente verificar se a qualidade das GRSU dos municípios integrantes de consórcios estava sendo favorecidas por conta dessa organização intermunicipal.

Por exemplo, o consórcio CIDASSP, foi classificado com o terceiro pior score médio entre os consórcios e nenhum município integrante foi classificado como eficiente pela DEA. Entretanto, segundo informações no *site* e esclarecimentos realizados diretamente com o setor jurídico do consórcio em outubro de 2023, considera-se o consórcio como tendo uma qualidade superior ao resultado obtido pela análise envoltória, além do consórcio se mostrar com uma estrutura organizacional considerada adequada,

contando com estatuto, conselho consultivo e equipe gestora, tendo as atribuições bem definidas para cada membro.

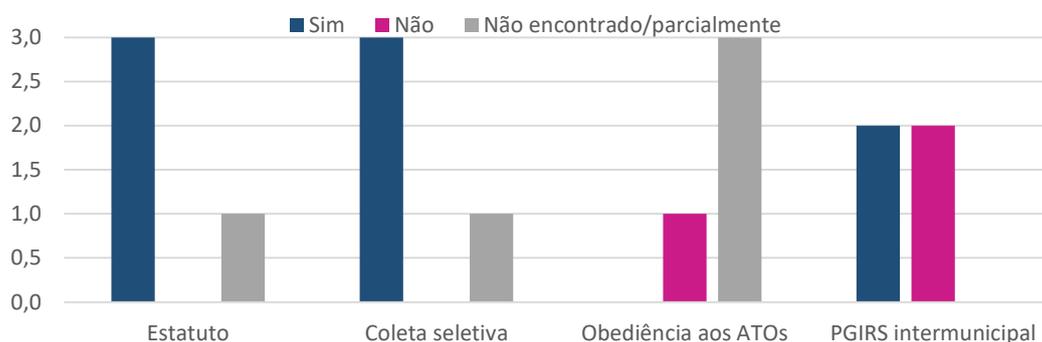
Ademais, segundo a resposta enviada pelo setor jurídico, o consórcio é unifinalitário, com o intuito de viabilizar o acesso a todos os serviços relacionados com a gestão de RS, mas que pela descrição realizada aparenta ser voltada para a destinação final dos resíduos e logística reversa. De acordo com a resposta do setor jurídico, em finais de 2023, o consórcio compartilha apenas a etapa de disposição final dos RS, englobando cinco municípios (Capetinga, Fortaleza de Minas, Jacuí, Pratápolis e São Tomás de Aquino), totalizando 32.680 habitantes (IBGE, 2023a).

Mesmo assim, o consórcio conta com ações que vão além da disposição final, tais como iniciativas de implementar ações de educação ambiental. Cabe aos municípios a responsabilidade de implementar programas de educação ambiental; porém, o consórcio auxilia com orientações para que as atividades se enquadrem nas respectivas demandas. Em 2023, o consórcio promoveu ações educativas, como oficinas de compostagem, palestras sobre os resíduos e seus impactos e visitas ao aterro sanitário municipal de São Sebastião do Paraíso.

Novamente, pontua-se a divergência das informações como uma grande vulnerabilidade da pesquisa e do Estado. No caso dos municípios, onde a análise foi baseada exclusivamente nos dados do SNIS, a limitação era a ausência de informações e possibilidade de dados incorretos, dado a condição autodeclaratória do Sistema. No caso dos consórcios, onde não há um sistema de informações para este tipo de arranjos, as informações estão pulverizadas e há diferenças entre as fontes. Por mais que estas sejam de fontes oficiais, como os panoramas estaduais da SEMAD, IDE Sisema e sítios eletrônicos dos próprios consórcios, a escolha de qual informação utilizar se torna uma tarefa não trivial.

No caso das informações disponibilizadas nos *sites* dos consórcios, constatou-se uma desigualdade entre os elementos, dificultando a caracterização padronizada destas organizações intermunicipais. Por exemplo, não foi identificado se o consórcio ECOTRES possui um estatuto nem tampouco qual a finalidade do consórcio de forma clara e explícita, enquanto que o CIDASSP, não só apresenta o estatuto no site, como há um acervo documental contando com todas as atas das assembleias e normas/atos municipais. Em relação ao diagnóstico dos consórcios baseado na FEAM (2014), a Figura 50 apresenta um panorama geral dos quatro consórcios selecionados.

Figura 50: Panorama dos quatro consórcios intermunicipais selecionados para o diagnóstico.



Fonte: Autora (2024).

No caso da coleta seletiva, os três consórcios que contam com este serviço são gerenciados pelos próprios municípios e não pelo consórcio, sendo apenas ECOTRES o que possui em todos os municípios consorciados. O consórcio cuja informação sobre a coleta seletiva não foi encontrada foi o CISPAP, sendo que todos os municípios declararam no SNIS em 2021 que não possuíam coleta seletiva. Ou seja, o mérito da existência de coleta seletiva deve ser atribuído aos municípios, pois os consórcios não indicaram atuação intermunicipal presente neste quesito. Porém, em 2022 CISPAP e o CIMME foram 2 dos 7 consórcios contemplados na parceria com o Ministério do Meio Ambiente e Semad, que recebeu repasse de R\$ 98,4 milhões para auxiliar no encerramento de lixões e implantação de novas UTCs (Evans, 2022), criando a expectativa de melhorias para os próximos anos.

Em relação à obediência dos consórcios em relação aos ATOs propostos, foi constatada uma baixa aderência de uma forma geral, pois apenas oito dos trinta e sete consórcios eram formados por municípios do mesmo ATO em 2021. Dentre os quatro investigados nesta etapa, três consórcios eram formados por municípios pertencentes ao mesmo ATO. Entretanto, na Figura 50 está indicado como “não encontrado/parcialmente” porque nem todos os municípios dos respectivos ATOs integram estes três consórcios.

O consórcio que não segue a proposta de regionalização dos ATOs é o CIMME, o qual foi criado em 2014 (após a proposta de regionalização dos ATOs). O CIMME é multifinalitário, cujo objetivo é a cooperação intermunicipal na “gestão de resíduos sólidos, saneamento básico, meio ambiente, recursos hídricos, planejamento urbano, iluminação pública, segurança alimentar, educação, habitação de interesse social, infraestrutura urbana, turismo, cultura e mobilidade urbana” (AMMECIMME, 2023). Dentre os seis municípios integrantes do consórcio CIMME, quatro são integrantes do “ATO 32 - Conceição do Mato Dentro”, um do “ATO 27 – Itabira” e um do “ATO 26 – Sete Lagoas”.

Por último, esta investigação permitiu identificar que metade desses consórcios possui plano intermunicipal de gestão integrada de RS. Os consórcios que contam com tais planos são o CIMME e o CIDASSP. O Plano do CIMME considera apenas três municípios (Alvorada de Minas, Conceição do Mato Dentro e Dom Joaquim), enquanto o plano do CIDASSP engloba todos os 8 municípios pertencentes ao consórcio. O conteúdo dos planos, assim como as metas e estratégias estabelecidas, não foram analisados. Dessa forma, recomenda-se uma investigação detalhada para verificar se ambos os documentos trazem propostas de fato intermunicipais ou se se tratam de uma mera junção de planos municipais de forma individualizada organizada em um mesmo arquivo.

Os resultados obtidos indicam que os municípios consorciados não apresentaram melhores desempenhos que os não consorciados quanto ao escores de eficiência. Apesar de ser uma estratégia recomendada, principalmente para municípios de pequeno porte, o diagnóstico realizado revelou que a implementação e pleno funcionamento dos consórcios, de forma eficiente, ainda está longe de ser uma realidade concreta. Isso porque este pacto intermunicipal deveria contemplar diversas etapas do manejo de resíduos sólidos, que vão além da disposição final de RS.

Compreende-se que o enfoque dado para a disposição final é decorrente da urgente demanda legal em se erradicar os lixões. Porém, a transição deste cenário para a disseminação de aterro sanitário aponta que os gestores públicos estão com uma visão simplista e reducionista do problema. Uma vez que a geração de RS é inevitável no contexto atual da sociedade moderna, o aterro sanitário é uma forma de lidar com os resíduos com o máximo de dispositivos de controle ambiental para minimizar os diversos impactos ambientais negativos, mas não é a solução ideal.

Esta alternativa de disposição deveria ser destinada apenas para os rejeitos, sendo estes definidos como os RS para que não há mais possibilidade de recuperação e tratamento, por meio de tecnologias disponíveis e que sejam economicamente viáveis (Brasil, 2010b). Ou seja, as administrações municipais em conjunto com apoio dos governos estaduais e da União, deveriam investir em rotas alternativas para esses resíduos antes de buscar sua disposição nos AS. Inclusive, os gestores deveriam implementar os princípios da economia circular, tratando os resíduos como materiais e insumos, de tal maneira que os mesmos fossem reinseridos na cadeia produtiva. Assim, a quantidade destinada para aterros sanitários e os impactos provenientes da manufatura seriam reduzidos, além de promover a valoração destes materiais.

Além da visão simplista mencionada, a dificuldade em acessar informações referentes aos consórcios e a falta de receptividade para esclarecimentos, evidenciaram uma falta de transparência e de estrutura organizacional. Em relação ao diagnóstico organizacional dos consórcios, observa-se que há uma lacuna entre o ideal/previsto e o que de fato ocorre. Apesar de os consórcios contarem com estatutos e planos, não foram identificados mecanismos de fiscalização para que tais documentos fossem devidamente seguidos.

Essas fragilidades dos consórcios não são um fenômeno inédito, sendo observadas por Macedo e Lange (2018) no ano de 2017 para o Estado de Minas Gerais. Este resultado é apoiado por César (2017, p. 165):

Por fim, em que pese o alto índice de consorciamento verificado no estado de Minas Gerais, a pesquisa indicou que os consórcios públicos ainda são frequentemente interpretados pelos municípios como instrumento para obtenção de benefícios, mas não um fim em si mesmo. Por essa razão, pode-se perceber certa participação dos entes consorciados apenas formal, sem o fortalecimento institucional do consórcio. Mas tal indicação requer e merece aprofundamentos em pesquisas posteriores.

Esta constatação realizada por César (2017) corrobora os resultados obtidos nesta pesquisa, onde a hipótese de que o cadastro no SNIS e elaboração de planos de gestão eram motivados unicamente pelo acesso aos recursos da União em vez de um monitoramento e planejamento de seus respectivos sistemas de gestão de resíduos. Por isso, identifica-se que o consorciamento também pode ser realizado pelas motivações indevidas e resultar em uma execução de baixa qualidade, principalmente após a promulgação da Lei 14.026 (Brasil, 2020) que condicionou a transferência de recursos federais à prestação regionalizada, tornando-se mais um instrumento normativo indutor da formação de consórcios públicos intermunicipais.

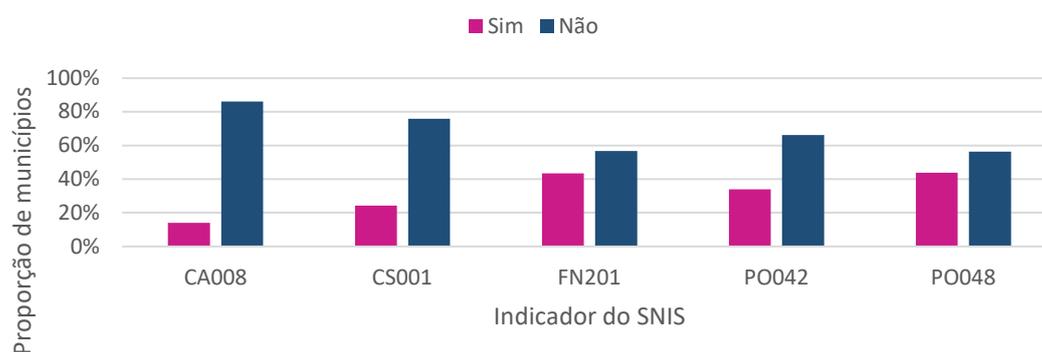
Portanto, considera-se o consórcio como um instrumento de extrema importância e grande potencial para Minas Gerais, mas com ressalvas. As limitações identificadas fortalecem a importância em se planejar esses acordos, assim como a sua devida implementação e estratégias que realmente sejam coletivas. Além disso, é oportuno investigar as motivações das atuais organizações não seguirem à proposta dos ATOs e demais municípios de pequeno porte seguirem atuando de forma individualizada.

5.5. Cumprimento das políticas públicas

Primeiramente, a Figura 51 apresenta a proporção das respostas cadastradas no SNIS referente aos dados categóricos, os quais variavam entre “Sim” e “Não”, cuja classificação final atribuída, de acordo com a escala qualitativa apresentada na Tabela 2 (seção 4.4.), foi disposta no Quadro 9.

É evidente que a classificação final dos municípios mineiros para os indicadores qualitativos retrata um cenário regular, pois as classificações finais obtidas variaram entre insignificante e intermediário. Na sequência, a Tabela 12 apresenta a estatística descritiva dos dados quantitativos extraídos do SNIS e a classificação atribuída seguindo a escala apresentada na metodologia (Tabela 2), cujas categorias variam de insignificante a satisfatório).

Figura 51: Proporção (%) de municípios de acordo com as respostas declaradas (Sim e Não) no SNIS para os indicadores qualitativos selecionados nesta pesquisa.



Legenda: CA008 - Existe algum trabalho social por parte da prefeitura direcionado aos catadores? CS001 - Existe coleta seletiva formalizada pela prefeitura no município? FN201 - A Prefeitura (Prestadora) cobra pelos serviços de coleta regular, transporte e destinação final de RSU; PO042 - O município é integrante de algum CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL (...)? PO048 - O Município possui Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) (...)?

Fonte: Autora (2024).

Em relação à quantidade de associados (CA007), constatou-se que 54,8% dos municípios não possuem catadores associados em cooperativas, constatando o descaso da sociedade e do poder público local com esta classe e descumprimento do objetivo XII da PNRS (integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos).

Quadro 9: Diagnóstico dos indicadores qualitativos do SNIS para os municípios mineiros em 2021, seguindo a classificação apresentada na seção 4.4 (Tabela 2).

Indicador	Classificação final
CA008	Insignificante
CS001	Mínimo
FN201	Intermediário
PO042	Mínimo
PO048	Intermediário

Fonte: Autora (2024).

Tabela 12: Panorama de todos os municípios mineiros cadastrados no SNIS em 2021 em relação ao atendimento dos quinze objetivos da PNRS.

Indicador do SNIS	Média	Erro padrão	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Contagem	Classificação final
POP_URB - População urbana do município	23.528,81	3.880,19	5.721,00	107.039,71	520,00	2.530.701,00	761,00	-
CA007 – Quantidade de associados	5,03	0,56	0,00	15,45	0,00	205,00	761,00	Insignificante
CO050/Purb - Proporção da população urbana atendida em relação à população urbana total (%)	0,98	0,00	1,00	0,07	0,29	1,00	761,00	Suficiente
CO119/Purb - Quantidade total de RDO e RPU coletada por todos os agentes por habitante (kg/hab.dia)	0,87	0,02	0,72	0,52	0,10	3,00	761,00	-
CO165/Purb - Proporção da população urbana com coleta porta-a-porta em relação à população urbana total (%)	0,95	0,00	1,00	0,14	0,00	1,00	761,00	Intermediário
FN220 - Despesa total com serviços de manejo de RSU (Antigo campo GE007) (R\$)	2.835.245,93	619.203,72	693.632,90	17.081.495,21	25.917,00	421.157.448,00	761,00	-
FN220/FN223 - - Proporção da Despesa total com serviços de manejo de RSU em relação aos gastos municipais com demais serviços (educação, segurança, saúde etc.) (%)	0,03	0,00	0,03	0,03	0,00	0,20	761,00	Intermediário
FN220/Purb - Despesa total com serviços de manejo por habitante (R\$/hab)	144,18	3,49	119,98	96,35	11,79	632,08	761,00	Intermediário
TB015 - Quantidade total de trabalhadores remunerados envolvidos nos serviços de manejo de RSU (antigo campo GE058).	59,28	7,03	28,00	193,91	2,00	4.534,00	761,00	-
IN005 - Auto-suficiência financeira da prefeitura com o manejo de RSU	29,45	1,39	11,73	33,92	0,00	100,00	592,00	Insignificante
IN030 - Taxa de cobertura do serviço de coleta seletiva porta-a-porta em relação à população urbana do município.	22,94	1,87	12,35	34,03	0,13	359,86	331,00	Mínimo
IN032 - Massa recuperada per capita de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à população urbana	22,94	1,87	12,35	34,03	0,13	359,86	331,00	Insignificante

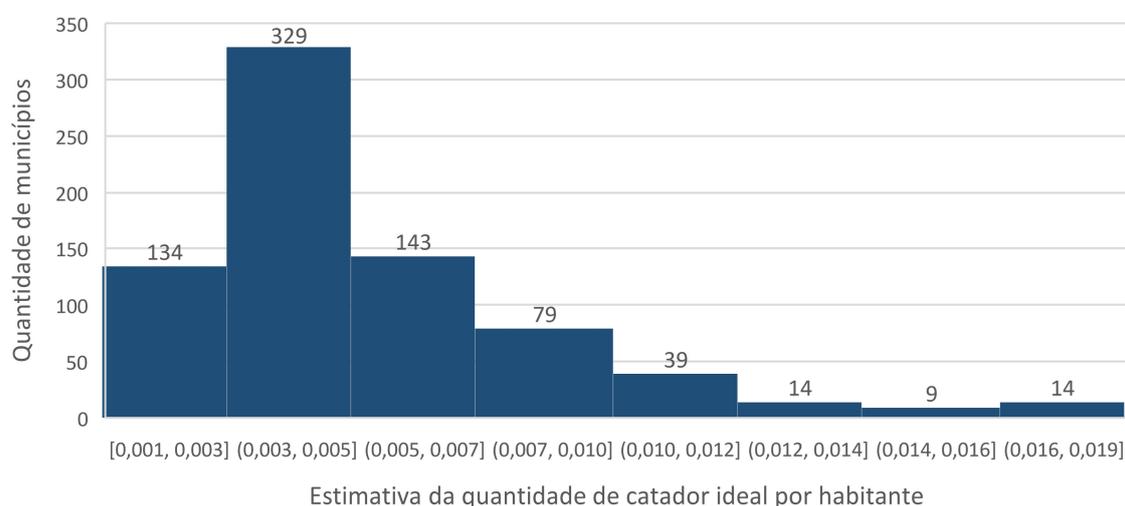
Fonte: Autora (2024).

Somado a isso, estimou-se a quantidade de catadores indicada para os municípios mineiros em 2021, cujo cálculo foi baseado nas seguintes informações:

- Fração média de recicláveis em MG é 40,05% (Semad, 2022b);
- Produtividade média anual de um catador de 1,96 t/trabalhador/mês¹⁸ (Ancat, 2022).

A partir da massa coletada registrada pelos municípios no SNIS (CO119 - qnt total de RSU coletada por todos os agentes em t/ano), a fração de recicláveis foi obtida pela simples multiplicação desta variável pela fração média de 40,05%, sendo adequado para a unidade de kg/dia. Em seguida, este valor foi dividido pela população urbana para se ter o dado *per capita* e, posteriormente, multiplicado por 23,52 (produtividade média anual 1,96 t/trabalhador.mês vezes 12 meses). Assim, a partir da produtividade média estimada pela Ancat (2022) foram estimados quantos catadores seriam necessários para coletar a fração reciclável dos municípios. A estimativa indicou que o ideal seria 5 catadores a cada grupo de 1.000 habitantes. Para a maioria dos municípios (329), o ideal variou entre 3 e 5 catadores a cada 1.000 habitantes, conforme apresentado no histograma da Figura 52.

Figura 52: Histograma de frequência da quantidade ideal de catadores estimada para cada grupo de 1.000 habitantes dos municípios mineiros.

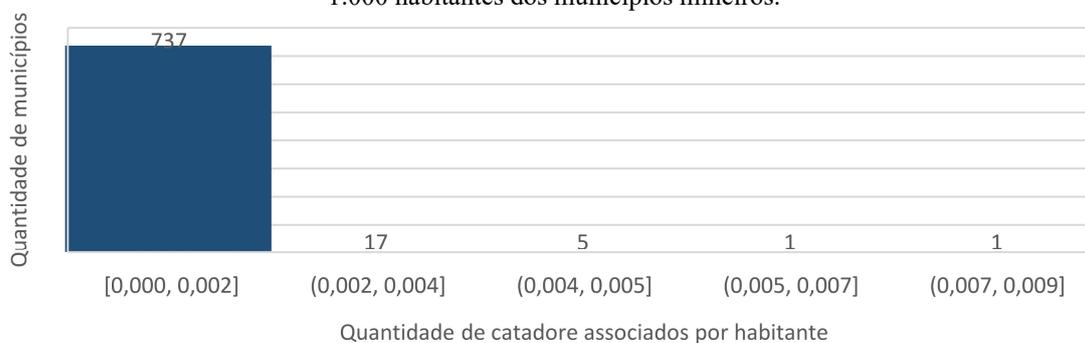


Fonte: Autora (2024).

¹⁸ A média estimada teve variação de 0,85 a 7,1 t/mês/catador. A média sobe para 2,2 tn/mês/catador nas organizações que possuem o kit básico de equipamentos e diminui para 1,0 t/mês/catador nas organizações que atuam sem o kit básico (ANCAT, 2022).

Entretanto, a maioria (737 municípios, representando 96,8%) possuía de 0 a 2 catadores a cada 1.000 habitantes, Figura 53. Ou seja, a quantidade de catadores associados não era suficiente, segundo o critério mencionado anteriormente.

Figura 53: Histograma de frequência da quantidade observada de catadores associados para cada grupo de 1.000 habitantes dos municípios mineiros.



Fonte: Autora (2024).

Desses 737 municípios, 578 (78,4%) declararam ter nenhum catador associado, sendo este um cenário muito insatisfatório. Outro resultado alarmante é a quantidade de municípios que possuem ao menos 5 catadores/1.000 habitantes, o que atenderia a média da estimativa ideal, pois apenas três municípios (0,4% do total) o fazem, sendo estes: Piranguçu, José Gonçalves de Minas e Bandeira (todos com população urbana inferior a 3.000 habitantes). Dessa forma, a categoria atribuída para este parâmetro foi “insignificante” em relação ao atendimento dos objetivos da PNRS. Reitera-se que o fato de o município ser de pequeno porte, e conseqüentemente com poucos recursos financeiros, não justifica a ausência de iniciativas espontâneas e das próprias gestões locais incentivando a criação e desenvolvimento das associações.

O intuito de se aumentar a quantidade de associados vai além da efetivação dos direitos dos catadores, de promover segurança no trabalho e do reconhecimento de sua importância socioambiental na sociedade. Quando organizados, os catadores conseguem comercializar os materiais coletados em maior escala e com melhor qualidade, dando um retorno financeiro superior a cada catador. Conforme levantado por Rutkowski e Rutkowski (2017), o valor pago para as associações era, em média, 400% superior ao valor pago para o catador individual, diferença também identificada por Públio (2020), que estimou uma diferença superior a 500%.

Essa diferença é incoerente quando a importância e o impacto que os catadores autônomos promovem na GRSU são devidamente reconhecidos. Mesmo sendo os catadores principais atores da cadeia recicladora, são o elo mais frágil deste sistema. Por exemplo, na cidade de São Paulo, em 2019, o sistema oficial de coleta seletiva de resíduos

foi responsável pela coleta de 10% dos resíduos recicláveis. Os 90% restante foram encaminhados para a reciclagem pela atuação dos catadores informais, representando uma média de 164 kg/catador.dia (Cseh *et al.*, 2022). Enquanto que na Indonésia a estimativa feita foi de 43,87 kg/catador.dia (Kristanto; Kemala; Nandhita, 2021) e 13 kg/catador.dia em Guayaquil (Equador) (Hidalgo-Crespo *et al.*, 2023). Ou seja, a GRSU e a cadeia da reciclagem dependem da atuação ativa dessa classe informal, que tem como funções a coleta, separação, transporte, acondicionamento, processamento e comercialização destes resíduos com potencial de reciclagem.

Complementarmente a esta análise, o indicador “CA008 - Existe algum trabalho social por parte da prefeitura direcionado aos catadores?” reforça esse retrato insatisfatório em relação à atenção aos catadores, pois, segundo o SNIS (2023), 545 cidades mineiras (86% das 633 que possuem este dado) não contavam com esse tipo de trabalho social, resultando na classificação de atendimento insignificante da PNRS. Vale mencionar que o sistema ser autodeclaratório permite uma maior heterogeneidade dos tipos de iniciativas sociais considerados pelas prefeituras, mesmo que o glossário exemplifique alguns tipos de programas no indicador “CA009 – Descrição sucinta dos trabalhos (por exemplo: bolsa-escola para os filhos de catadores, programa de alfabetização de catadores etc.)”.

Além do incentivo às cooperativas, cabe aos municípios promover campanhas para envolver de forma permanente e efetiva a participação da população no processo. Assim, as cooperativas teriam condições de trabalhar com máxima capacidade de aproveitamento, o que reduziria as perdas. A existência de cooperativas e a maior quantidade de associados resultaria na promoção de maior segurança do trabalho destes agentes, estando relacionado com o objetivo I da PNRS (Brasil, 2010b).

As cooperativas possuem dificuldades crônicas, majoritariamente decorrente de aspectos culturais, da baixa escolaridade e de outros fatores relacionados com a vulnerabilidades dos catadores. Dentre esses problemas, menciona-se: condições precárias de trabalho, deficiência na coleta e triagem dos materiais, problemas de comunicação interna; falta de compreensão do conceito de cooperativismo, falta de valorização dos materiais recicláveis e falta de suporte dos governos municipais.

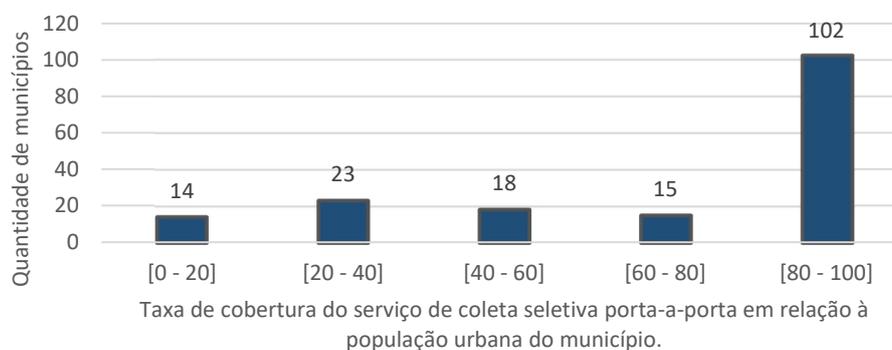
Ainda relacionado a esta temática, o indicador “CS001 – Existe coleta seletiva no município?” também se mostrou insatisfatório, pois apenas 184 cidades (24%) declararam possuir sistema de coleta seletiva no município em 2021, levando à

classificação de atendimento à PNRS como mínima. Este indicador engloba a coleta seletiva sob qualquer modalidade (porta a porta, postos de entrega voluntária ou outras). Apesar de ser preocupante, Minas Gerais está um pouco mais satisfatória do que a média nacional, cuja proporção de municípios declarantes com coleta seletiva foi de 32% (do total de 4.900 municípios brasileiros com esta informação disponível no SNIS).

Em relação à coleta seletiva porta a porta, o indicador “IN030 - Taxa de cobertura do serviço de coleta seletiva porta-a-porta em relação à população urbana do município”, retratou que 66 cidades (38,4% de 172 que possuem essa informação no SNIS, representando 11.613.910 habitantes urbanos) tem 100% da população urbana atendida com este tipo de coleta. Dessa forma, a categoria atribuída para esta variável foi de atendimento mínimo à PNRS.

O histograma de frequência da cobertura da coleta seletiva porta a porta para estes 172 municípios, Figura 54, ao menos aparenta ter um cenário um pouco mais positivo do que “atendimento mínimo”. Entretanto, deve-se mencionar que o total de municípios é bem inferior à população real e que a faixa em que há maior ocorrência de observações engloba taxa de cobertura a partir de 80%, o que não é o ideal mesmo sendo considerado como um cenário positivo.

Figura 54: Histograma de frequência da taxa de cobertura do serviço de coleta seletiva porta a porta.



Fonte: Autora (2024).

Por último, o valor do indicador “IN032 - Massa recuperada per capita de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à população urbana” foi classificado como insignificante. Isso porque a estimativa realizada a partir da composição gravimétrica indica que os municípios mineiros recuperaram em torno de 0,0017% dos recicláveis em 2021. No entanto, comparando com a média brasileira, Minas Gerais apresenta um retrato mais positivo quanto à recuperação dos recicláveis, pois o

estado recuperou uma média de 22,94 kg/hab.ano enquanto o Brasil recuperou 8,26 kg/hab.ano.

Com relação a esse indicador, que corresponde a um dos objetivos contemplados explicitamente na PNRS, os dados do SNIS expressam a escassa representatividade dos municípios dentro da sua pesquisa (331 cidades), o que poderia pesar negativamente no quadro geral do país. Assim, de uma forma geral classifica-se o setor de reciclagem dos municípios mineiros como regular e insatisfatório, porque mais de 70% não realizam coleta seletiva, não possuem programas sociais para os catadores e nem catadores associados. Este resultado também foi identificado no Atlas da Reciclagem de 2021 (Ancat, 2022, p. 20), sendo pontuado que

a reciclagem no Brasil, mesmo após a aprovação da PNRS, no ano de 2010, e do PLANARES, mais de 10 anos após a aprovação da PNRS, ainda é pouco desenvolvida e muito menos conhecida, o que dificulta definir ações mais precisas para eliminar os problemas que impedem seu crescimento entre as opções de tratamento de RSU. Uma das razões deste estado de coisas é a dificuldade em retratar a reciclagem no Brasil por meio de indicadores confiáveis, com exceção de levantamentos localizados em algumas cidades ou ramos industriais. Evidentemente, o fato de a maior parte da base das diversas cadeias da reciclagem estar ainda na informalidade dificulta sua descrição com dados quantitativos de forma mais ampla.

Esse retrato insatisfatório seria menos esperado ao se considerar a existência da Lei nº 19.823/2011, que institui o programa Bolsa Reciclagem (Minas Gerais, 2011). Franco e Ribeiro (2022) apresentaram a experiência deste Programa, no estado de Minas Gerais, como fator de indução da coleta seletiva com inclusão socioprodutiva dos catadores. A partir de levantamento bibliográfico e documental, os autores verificaram que a quantidade de associações cadastradas aptas ao repasse passou de 71 (2012) para 157 (2022), a massa coletada de material reciclada aumentou 158% entre 2012 e 2020, e que o programa repassou um montante de R\$ 26.213.203,92 entre 2012 e 2021 (inclusive).

Apesar desse avanço, o sistema de coleta seletiva encontra-se em estágio embrionário. Ou seja, é nítido que a promulgação da PNRS e dos demais instrumentos legais foi relevante para que as administrações municipais tomassem providências quanto à GRS. Este fenômeno ainda se apresenta limitado para alguns setores, como a coleta seletiva, não englobando todos os princípios previstos na Política ou atendendo a todos os objetivos. Isso sem mencionar que as condições de trabalho dos catadores e das associações existentes não foram investigadas neste estudo, mas vale citar que o Atlas (Ancat, 2022) considera a infraestrutura precária (na maioria dos casos) e muitos galpões

utilizados ainda são improvisados e demandam uma infraestrutura melhor para os trabalhadores.

Segundo os especialistas consultados por Gregório *et al.* (2023), os possíveis motivos dos municípios mineiros apresentarem um retrato tão defasado quanto à coleta seletiva é o custo associado a esse serviço. A coleta seletiva foi descrita como cara no sentido de trabalhar a população para a coleta seletiva seja eficiente, não só efetiva. Além disso, ela também é cara porque demanda por duas coletas simultâneas.

Outro possível motivo é a visão limitada das prefeituras em relação à necessidade do apoio das associações de catadores e de outras entidades para ajudar na promoção da coleta seletiva. Essa demanda se justifica para ter um maior alcance sobre a população, pois sem a devida participação dos cidadãos, a prefeitura terá um maior gasto público, mas sem o resultado desejado (Gregório *et al.*, 2023). Por fim, o entrevistado ainda menciona a falta de capacidade técnica, de recurso e de engajamento da própria prefeitura em manter a prestação do serviço de forma contínua.

O indicador “CO050/Purb - Proporção da população urbana atendida em relação à população urbana total (%)”, foi classificado como “suficiente” para Minas Gerais em 2021. Isso porque 71,3% dos municípios contavam (diziam contar) com 100% da população atendida, retratando a suposta promoção da universalização da prestação deste serviço. Além disso, apenas 45 cidades possuíam população atendida inferior a 90%, sendo o menor registro o de Brasilândia de Minas (14.741 habitantes urbanos) com apenas 27,7% da população. Mesmo assim, há muito a se melhorar ainda de tal forma que os demais municípios aumentem a proporção da população atendida, além de verificar a realidade dos municípios que não cadastraram informações no SNIS em 2021.

Em contrapartida, a variável “CO165/Purb - Proporção da população urbana com coleta porta-a-porta em relação à população urbana total (%)” já foi classificada como “intermediária”, porque a média retrata o atendimento de 95% da população urbana com coleta porta a porta. A maioria, 614 municípios (80,7%), atende a mais de 95% da população, dos quais 379 (49,8%) declararam atender 100% da população urbana com coleta porta a porta (referente apenas à área urbana). A coleta porta-a-porta, apesar de mais dispendioso do que a coleta ponto-a-ponto para a administração municipal, contribui para um melhor serviço de limpeza, pois depende menos do engajamento da população em se deslocar para depositar seus resíduos em pontos estratégicos da cidade e reduz o descarte inadequado (Gallardo *et al.*, 2015; Vinyes *et al.*, 2013).

Para o indicador “FN220 - Despesa total com serviços de manejo de RSU”, constatou-se que, ao ser dividido pela população, ele é equivalente ao indicador IN006 (Despesa *per capita* com manjo de RSU - R\$/hab.ano). A média nacional foi de R\$ 147,44 /hab.ano, ou seja, a média mineira (R\$ 144.18/hab.ano) está bem próxima na estimativa nacional. Em 2021, 289 municípios possuíam uma despesa *per capita* superior à média nacional, dos quais 261 (90%) são de pequeno porte, apenas 174 (60,2%) destinam para AS ou AS+UTC ou UTC regularizado, 111 (38,4%) fazem cobrança e apenas 54 (18,7%) tem coleta seletiva. Atribui-se esta elevada despesa *per capita* ao porte populacional e a arrecadação anual obtida, que varia de acordo com o tamanho da população. Por isso, essa variável foi considerada como intermediária no quesito atendimento da PNRS.

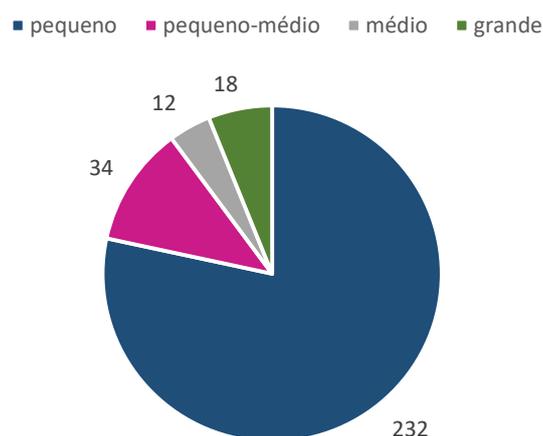
No caso da “proporção da despesa total com os serviços de manejo em relação aos gastos municipais” (FN220/FN223), constatou-se que Minas Gerais está equivalente à média do país, que é de 3%, e da média para países de baixa e média renda, cuja proporção varia de 3 a 15 por cento (Kumari; Raghubanshi, 2023). Um total de 296 cidades (38%) comprometeram mais do que 3% do orçamento municipal com manejo de resíduos sólidos. Ao mesmo tempo que isso pode indicar a necessidade de maiores investimentos no setor, também pode retratar a insustentabilidade econômico-financeira, uma vez que 54% das 296 cidades não realizam a cobrança pelo serviço de limpeza urbana.

Outro motivo que destaca esse indicador é o porte populacional daqueles municípios cuja proporção supera 10% em relação às despesas totais municipais. Todos os 19 municípios são de pequeno porte, com predominância de população urbana inferior a 5.000. Atribui-se esta alta proporção ao (pequeno) porte populacional, pois este interfere diretamente na capacidade de arrecadação municipal e, conseqüentemente, espera-se que maiores proporções das despesas totais sejam comprometidas. Corroborando com essa discussão, dentre os municípios com proporção das despesas com RS superior a 3%, apenas 136 cidades (representando 45,9%) realizam cobrança, sendo a maioria de pequeno porte (Pop. urbana < 20.000 hab), como pode ser visto na Figura 55.

Outra possível causa atribuída à predominância de municípios de pequeno porte dentre os 19 que possuíam uma proporção da despesa superior a 10%, é a não integração a consórcios intermunicipais de gestão de RS. Segundo os dados do SNIS (2023), apenas

cinco dessas cidades participam de consórcios¹⁹, predominando-se a destinação dos RSU para aterros sanitários, inexistência de CS e de cobrança pelos serviços. Dentre os 14 que não integram consórcios, 11 cidades não realizam a cobrança, apenas uma cidade conta com coleta seletiva e a destinação final predominantes são aterros sanitários e lixões.

Figura 55: Quantidade de municípios que comprometem mais de 3% da despesa municipal com serviço de manejo de RSU de acordo com o porte populacional.



Fonte: Autora (2024).

Entretanto, ao consultar o Panorama (Semad, 2022b), constatou-se inconsistência dos dados, pois além desses cinco municípios mencionados, o panorama listou mais seis como integrantes de consórcios²⁰. Os sítios eletrônicos dos próprios consórcios foram consultados para verificar se tais municípios integravam de fato estes consórcios, sendo identificado que apenas Santana do Jacaré (população urbana de 4.659 hab) não fazia parte do consórcio CICANASTRA, como relatado no Panorama. Assim, reforça-se que a inconsistência dos dados é um fator dificultador para as análises e tomada de decisão.

Curiosamente, o município de São José da Barra (5.438 habitantes urbanos) é um dos municípios que mais investem no manejo de RSU, sendo um dos três cuja incidência nas despesas correntes da prefeitura é de 20%. Entretanto, o município ainda destina seus resíduos para lixão, não conta com coleta seletiva, não possui trabalho social voltado aos catadores e não possui associações ou cooperativas. Dessa forma, esta proporção dos gastos mais elevada (comparada com os demais municípios) se torna duvidosa, pois não

¹⁹ Os municípios são Coimbra, Ribeirão Vermelho, Luminárias, Fruta de Leite e Ibaí, representando uma população urbana total de 4.360 habitantes.

²⁰ Os municípios são Durandé, Gurinhata, Ipiaçu, Padre Carvalho, Pedro Teixeira, Santana do Jacaré, representando população urbana total de 19.517 habitantes.

se identifica o(s) fator(es) responsável(is) pela maior despesa. Ou seja, menores despesas não implicam, necessariamente, em uma gestão eficiente dos RSU.

Em escala estadual, o indicador FN201 afirma que 330 das 761 cidades realizaram a cobrança em 2021, o que representa 43% dos municípios e 13,4 milhões de habitantes urbanos (74,7% da população urbana de MG). Uma vez que quase todos os municípios com população superior a 100.000 habitantes realizam a cobrança (28 cidades de 33), a proporção da população é significativamente superior à proporção de municípios. Considerando que a PNRS prevê mecanismos financeiros para promover a sustentabilidade econômico-financeira e que o novo marco do saneamento reforça o uso deste instrumento, considera-se este retrato bastante insatisfatório. Porém, seguindo as categorias da Tabela 2, o FN201 foi considerado como “intermediário” em relação ao cumprimento da PNRS.

O indicador IN005 (auto-suficiência financeira das prefeituras) foi classificado como “insignificante”, pois apenas 14 cidades (2,3% das 592 cidades com este indicador calculado, representando 1.290.056 habitantes urbanos) indicaram ter 100% das despesas cobertas pela receita arrecadada. A média mineira (24,07%) foi inferior à média nacional, cuja proporção estimada foi de 55% das despesas cobertas pela receita arrecadada (Mdr, 2022).

O indicador “IN042 (o município é integrante de algum CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL regulamentado pela Lei nº 11.107/2005 que tenha entre suas atribuições específicas a gestão ou prestação de um ou mais serviços de manejo de RSU - serviços de coleta de resíduos domiciliares ou públicos, operações de aterro sanitário etc.)” já foi classificado como atendimento mínimo, pois a proporção de municípios integrantes de consórcios em 2021, representou 34% dos municípios mineiros, aproximadamente. Este resultado é considerado inadequado quando comparado com a parcela de municípios mineiros de pequeno e médio porte, sendo 95,6% aproximadamente (761 cidades).

Em relação à existência de Planos de Resíduos Sólidos, esta pesquisa se limitou apenas ao campo específico dos planos municipais de GRS, ou seja, nos casos em que o campo relativo à PO048 foi preenchido de forma negativa, mas que o município possui plano de resíduos incorporado no plano de saneamento, foi considerado como plano não elaborado. Esta é uma fragilidade desta pesquisa, mas, dado o tamanho da amostra, a investigação caso a caso dos planos para verificar se o conteúdo mínimo previsto no Art.

19º da PNRS estava sendo atendido seria inviável. Inclusive, recomenda-se esta investigação como trabalhos futuros, de forma a complementar o diagnóstico geral dos municípios mineiros.

Assim, para o indicador “PO048 - O Município possui Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) conforme a Lei nº 12.305/2010 que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos?” o diagnóstico obtido foi de atendimento intermediário, pois, 44% dos municípios relataram possuir o referido documento. Em relação à média brasileira, Minas Gerais está defasado neste quesito, pois 52,6% dos 2.576 municípios do país cadastrados no SNIS em 2021 relataram possuir PMGIRS. O baixo número de municípios com o plano é reflexo da falta de sanções eficazes para o descumprimento da legislação (Gregório *et al.*, 2023).

Dentre os 428 municípios que não possuem PMGIRS, 366 possuem população urbana inferior a 20.000 habitantes. Esta informação é relevante, pois a PNRS estabelece que estes municípios podem elaborar um plano com conteúdo simplificado, não se aplicando para as cidades: integrantes de áreas de especial interesse turístico, inseridos na área de influência de empreendimentos ou atividades com significativo impacto ambiental de âmbito regional ou nacional; e cujo território abranja, total ou parcialmente, unidades de conservação.

Apesar da categoria adotada para classificação ter considerado o indicador PO048 como atendimento “intermediário”, considera-se na realidade que o retrato é pior. Esse diagnóstico negativo considerou o prazo estipulado para elaboração dos planos, o qual já foi prorrogado. Além disso, não foi investigada a questão da qualidade dos planos e atendimento ao conteúdo mínimo previsto e também não foi levantado a questão da periodicidade das revisões, de forma a manter os dados e ações atualizados. Por fim, como a existência do plano é condição para receber recursos da União, esperava-se um maior engajamento municipal neste quesito.

Em relação à destinação final dos RS dos municípios mineiros, a Tabela 13 apresenta os tipos de destinação utilizados (Semad, 2022b). Apesar de 44,3% dos municípios destinarem seus resíduos a aterros sanitários regularizados, representando quase 12,5 milhões de habitantes, a realidade ainda é considerada como precária. Isso, porque a mesma proporção de cidades ainda destina os seus respectivos resíduos para lixões ou unidades não regularizadas, representando quase 3,5 milhões de habitantes.

Tabela 13: Quantidade de municípios por tipos de destinação final de resíduos sólidos urbanos.

Tipo de destinação final dos RSU	Quantidade de municípios	Proporção
AS Regularizado	337	44,3%
Lixão	268	35,2%
AS+UTC Regularizados	48	6,3%
UTC Não Regularizada	46	6,0%
UTC Regularizada	30	3,9%
AS Não Regularizado	19	2,5%
Fora do Estado	9	1,2%
AS+UTC Não Regularizados	3	0,4%
AAF em verificação	1	0,1%

Fonte: (Semad, 2022b).

Este retrato é ainda mais alarmante quando se pondera que, em Minas Gerais, houve o programa “Minas sem Lixão” (PMSL). Apesar dos avanços apresentados nos Panoramas de Minas Gerais, 35,2% dos 853 municípios mineiros ainda destinavam seus resíduos para lixões em 2021. Isto retrata a inobservância quanto ao cumprimento da Lei nacional e atendimento do PMSL, sendo necessária a adequação dos prazos para que os mesmos deixem de destinar seus resíduos para locais totalmente inapropriados, sem dispositivos de controle ambiental.

Segundo Nascimento *et al.* (2022), a hipótese levantada para a não erradicação dos lixões é “a realidade econômico-financeira enfrentada pela maioria dos municípios brasileiros” e que somente a imposição da lei não é capaz de garantir o cumprimento das normas de saneamento básico. Essa hipótese corrobora com a percepção de um dos especialistas consultados por Gregório *et al.* (2023, p. 94), quem respondeu que:

Os desafios para a implantação de unidades de disposição final têm vários aspectos. Como você deve ter visto no panorama, a maioria dos municípios são menores de 20.000 habitantes, ou seja, são municípios bem pequenos, então por isso muitas vezes eles não tem essa capacidade técnica e também falta recursos, têm uma arrecadação baixa e também às vezes até por questões que os municípios muitas vezes (eles) não cobram pelos serviços de manejo de resíduos sólidos urbanos, então isso dificulta ainda mais e está ligado a um gargalo econômico e também política, porque muitas vezes o prefeito não quer implantar a cobrança.

Um segundo entrevistado já considera que as prefeituras são as protagonistas do movimento de erradicação dos lixões, uma vez que a competência do manejo de resíduos sólidos é municipal. O especialista ainda menciona a necessidade do “apoio do estado, dos consórcios etc, mas sem a decisão política da prefeitura nada acontece”.

Outro fator negativo identificado foi a proporção de municípios que destinam os seus resíduos para empreendimentos não regularizados, representando 8,9% dos

municípios e aproximadamente 1,2 milhões de habitantes. Apenas o município de Capelinha (Pop. urbana de 27.255 hab) se encontrava com a Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF) em verificação, mas a situação desta AAF não foi encontrada até início de 2024 nos sítios eletrônicos da prefeitura nem no Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM) da Semad. Ou seja, não está claro se Capelinha já regularizou a forma de destinação final dos RSU, mesmo após dois anos do ano referência ao Panorama.

Enfim, algumas variáveis não foram classificadas quanto ao atendimento dos objetivos da Política, pois tais informações devem ser analisadas em conjunto com outros dados e investigadas mais profundamente. No caso da variável “CO119/Purb - Quantidade total de RDO e RPU coletada por todos os agentes por habitante (kg/hab.dia)” não foi atribuído uma categoria do diagnóstico. Pela média, Minas Gerais coletou em torno de 0,87 kg/hab.dia de RSU, mas esse indicador isolado não permite inferir sobre a qualidade das GRSU. Se a coleta fosse realizada de forma universalizada, então este resultado seria considerado como satisfatório por ser inferior à média de geração *per capita* nacional. Porém, sabe-se que no Brasil e em demais países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos, ocorre o descarte inadequado que compromete o serviço de coleta convencional, de coleta seletiva e a taxa de recuperação dos diferentes tipos de materiais. Além disso, esta variável foi calculada a partir da população urbana total, o que pode resultar em um dado irreal, principalmente nas cidades em que predomina a população rural.

Outra variável que não foi categorizada neste diagnóstico foi o “FN220 - Despesa total com serviços de manejo de RSU (R\$)” e “TB015 - Quantidade total de trabalhadores remunerados envolvidos nos serviços de manejo de RSU”, pois estas informações isoladas decerto não são suficientes para diagnosticar uma gestão municipal quanto ao cumprimento dos objetivos da PNRS. Por exemplo, se a despesa for alta, mas justificada por uso de equipamentos, infraestrutura e mão de obra, tem-se uma situação mais positiva do que as situações em que a despesa é baixa, mas não conta com esses fatores. Além disso, o município pode contar com sistema de cobrança, o que reduziria o impacto financeiro na proporção das despesas municipais voltadas para o manejo de RSU.

As variáveis do SNIS permitem identificar um retrato das GRSU ainda incipiente para o estado mineiro, isso quando não é insatisfatório ou a informação inexistente com relação aos objetivos da PNRS. Ou seja, mesmo após 14 anos da promulgação da Política,

constatou-se uma dificuldade dos municípios mineiros em implementar o conteúdo da Lei 12.305 (Brasil, 2010b), de tal forma que os objetivos previstos no seu Art. 7º fossem atendidos.

Deve ser ressaltado que 2021 foi aquele em que as atividades passaram a se normalizar após o fechamento decretado por causa da pandemia do Covid-19. Os impactos da pandemia sobre os RSU são complexos e variam de acordo com a região, havendo municípios que limitaram ou suspenderam programas de reciclagem e compostagem para redirecionar o orçamento para fins de saúde pública e limitar o contato dos trabalhadores com os resíduos com risco de contaminação. Porém, os municípios precisaram lidar com esse aumento repentino na geração de RSU, a alteração na composição gravimétrica (principalmente no aumento da geração de plásticos descartáveis, e contaminados) e uma prestação do serviço de limpeza de forma mais limitada para evitar a contaminação dos trabalhadores (Kaza; Shrikanth; Chaudhary, 2021).

Inclusive, Shama *et al.* (2020) destacam que o comportamento do consumidor pode ser afetado pela flexibilização temporária do uso de plástico descartável durante a pandemia. Esse comportamento da sociedade é exatamente o que os gestores devem buscar eliminar, seja por meio de educação ambiental ou por medidas/políticas públicas que dificultem o uso destes materiais descartáveis. Uma vez que o vírus já está controlado e a maior parcela da população vacinada, deve-se retornar o incentivo de usos de materiais reutilizáveis e duráveis, atendendo inclusive à hierarquia de ações prevista no objetivo II do Art. 7º da PNRS: “não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” (Brasil, 2010b, Art. 7º).

A utilização de materiais descartáveis e equipamentos de proteção de uso único aumentou por razões de saúde e segurança, demandando ainda mais da capacidade das cidades para gerir adequadamente os resíduos. Porém, o aumento da geração de resíduos recicláveis não foi acompanhado de um aumento da taxa de recuperação. O setor informal também foi fortemente afetado, resultando em impactos negativos nas taxas de reciclagem em mercados de reciclagem já em dificuldades.

Durante a pandemia, o funcionamento de diversas cooperativas foi reduzido por questões de saúde pública, além de se ter uma menor participação popular na devolução dos recicláveis nos pontos de entrega voluntária. Segundo o Ancat (2022), em 2020 o

número de empresas e de empregos na cadeia de reciclagem de plástico diminuiu 4,9% e 11,7%, respectivamente.

Apesar de o isolamento e do fechamento das atividades terem se encerrado em 2021, cada município e estado brasileiro decretou a reabertura do comércio em um instante diferente, o que pode ter influenciado nos resultados analisados nesta pesquisa (principalmente aqueles referentes à coleta seletiva, reciclagem e catadores). Segundo Kaza; Shrikanth; Chaudhary (2021), os impactos da COVID-19 nos resíduos urbanos são complexos, variam entre países e ainda não são totalmente compreendidos.

Além da coleta seletiva, identificam-se como oportunidades a atualização e o desenvolvimento de tecnologias de sistemas de gestão de resíduos. Além de promover a descentralização da gestão, recomenda-se a adoção de soluções baseadas em tecnologias para a valorização de resíduos, como a pirólise, gaseificação, entre outros. Estas medidas reduzem o risco patológico/bacteriológico/de contaminação destes materiais e possibilitam o aproveitamento de subprodutos obtidos durante o tratamento de alta qualidade. Esta gestão centralizada é considerada por Storel Júnior e Nascimento (2021) como um dos motivos da Política não ter sido implementada nas suas diretrizes essenciais com sucesso. Para estes autores,

o paradigma do Gerenciamento Centralizado já era dominante antes da PNRS e continua ainda hoje, devido ao controle de grandes contratos e recursos por empresas de limpeza pública que o defendem a partir de seus interesses econômicos e suas crenças-chave na inevitabilidade do Monopólio Natural e da maior eficiência da operação centralizada e da coleta indiferenciada de resíduos sólidos sem necessidade da participação social do gerador.

Uma vez que o foco do estudo não foi analisar os efeitos da pandemia nos sistemas de gestão de resíduos sólidos, tais alterações não foram investigadas, seja por meio de comparação com dados anteriores do SNIS, por entrevistas estruturadas ou por análise qualitativa dos sistemas de GRSU pós-pandemia. Porém, como o instante de tempo selecionado para a análise de eficiência foi muito próximo ao ápice da pandemia, tal evento e seus possíveis desdobramentos não poderiam deixar de ser mencionados neste estudo. Dessa forma, considera-se como oportuna a investigação em escala estadual da influência da pandemia sobre o manejo de RSU em Minas Gerais.

Enfim, os resultados apresentados nesta seção evidenciaram que, apesar dos avanços, ainda há uma lacuna entre a realidade mineira e atendimento da lei conforme o previsto. Observa-se que nenhum foi considerado como satisfatório e apenas uma variável foi classificada como suficiente, sendo esta variável referente à proporção da população

urbana atendida. Logo, é evidente que o estado de Minas Gerais ainda está bastante atrasado quando à qualidade das gestões municipais de resíduos sólidos urbanos. Este resultado confrontado com o resultado da *DEA* até soa como incoerente, uma vez que em torno de 15% dos 633 municípios foram classificados como eficientes. Dentre esses municípios eficientes, apenas três estavam de acordo com o atendimento dos objetivos, isto é, que possuem planos, contam com coleta seletiva e programas sociais aos catadores (que inclusive são associados), destinam os resíduos para aterros sanitários ou UTC regularizados, entre outros fatores. Os municípios são: Andradas, São Vicente de Minas e Nepomuceno.

Ou seja, aparentemente o resultado obtido pela Análise Envoltória de Dados está superestimando a qualidade das gestões municipais. Mesmo que a ferramenta seja baseada na comparação entre as unidades, o resultado se torna questionável quando determinados municípios são classificados como eficientes e, mesmo assim, não contam com o mínimo de atendimento dos objetivos da PNRS. O atendimento dos 15 objetivos da Lei, de acordo com os indicadores do SNIS, está sintetizado no Quadro 10.

Segundo Silva (2015), uma limitação dos modelos clássicos da ferramenta é a possibilidade de pesos nulos serem gerados para variáveis importantes, ou então, ser quebrada uma determinada relação lógica entre as variáveis. Assim sendo, observam-se escores de eficiência que são incompatíveis com a realidade observada, o que foi o caso de alguns municípios mineiros (ex: Claraval). Ou seja, quando variáveis que são consideradas fundamentais são subdimensionadas pela ferramenta, os resultados gerados possuem uma acurácia e credibilidade do modelo reduzidas, comprometendo a confiança por parte do gestor e tomador de decisão no uso da ferramenta.

Uma vez que o objetivo desta pesquisa não era aprimorar a ferramenta e nem estudar o modelo matemático, o desenvolvimento desta pesquisa partiu da premissa de que a ferramenta é adequada. Seydel (2006) destaca o fato de a *DEA* poder ser facilmente percebida como uma metodologia de “caixa-preta”, onde diversas “coisas” acontecem e, então, surge uma solução. Ou seja, identifica-se como limitação deste trabalho o aprofundamento em relação ao modelo matemático e as possíveis implicações práticas decorrentes de pequenas variações da ferramenta.

Ademais, constatou-se que sua aplicação da *DEA* está disseminada na temática de saneamento e, especificamente, na gestão de resíduos sólidos, e os dados do SNIS são os mais adequados para esse tipo de estudo, apesar das limitações identificadas do referido

sistema. Por isso, recomenda-se como trabalhos futuros o aprofundamento da análise referente à modelagem matemática da *DEA*, uso de dados primários ou que sejam de qualidade superior e o levantamento (em conjunto com algum método de validação) de informações para validar o resultado obtido das eficiências.

Quadro 10: Síntese do cumprimento da PNRS, baseando-se nos objetivos previstos na Lei e indicadores do SNIS.

Objetivo	Indicador do SNIS	Diagnóstico
Proteção da saúde pública e da qualidade ambiental	CS001, Destinação final (Semad, 2022b)	Proporção de municípios com coleta seletiva e destinação final ambientalmente adequada: muito inferior ao desejado (este objetivo não está sendo atendido)
Não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;	IN032, Destinação final (Semad, 2022b), CS001	Proporção de municípios com coleta seletiva, destinação final ambientalmente adequada: muito inferior ao desejado; Redução de geração não foi analisado nesta pesquisa (necessitaria analisar ao menos 2 anos); Não Geração, reutilização e tratamento dos resíduos sólidos não são retratados pelos dados do SNIS.
Adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo	Inexistente	-
Tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais;	Destinação final (Semad, 2022b)	Quantidade significativa de municípios com destinação dos resíduos para lixões. Prazo inicial para erradicação era 2014 e o novo prazo depende do porte populacional da cidade.
Redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos	Inexistente	-
Incentivo à indústria da reciclagem	CS001, IN032	Sistema de coleta seletiva frágil, com baixa implementação e taxa de recuperação dos recicláveis.
Gestão integrada de resíduos sólidos;	PO042, PO048	Atendimento insuficiente considerando a pequena quantidade de municípios consorciados e/ou com planos de gestão
Articulação entre as diferentes esferas com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos	PO048	Pequena parcela de municípios pertencentes a consórcios intermunicipais de gestão resíduos sólidos, apesar do grande potencial para MG dada a predominância de municípios pequenos.
Capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos	Inexistente	
Regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira, observada a <u>Lei nº 11.445, de 2007</u>;	FN201, FN220, FN220/FN223, TB015, CO050/Purb, CO119/Purb, CO165/Purb, IN030, IN005	Necessidade de implementar sistema de cobrança pelos serviços de manejo de RSU, principalmente após a promulgação da Lei nº 14.026/2020, Novo marco do saneamento, (Brasil, 2020); Universalização do serviço considerado satisfatório (taxa de cobertura e população atendida é próxima a 100%); Regularidade, continuidade e funcionalidade da prestação dos serviços não são contempladas pelos indicadores do SNIS.

Objetivo	Indicador do SNIS	Diagnóstico
Prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para: (a) produtos reciclados e recicláveis; (b) bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões sustentáveis	Inexistente	-
Integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis	CA007, CA008	Falta de investimentos nas associações e cooperativas de catadores de materiais recicláveis.
Estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto	Inexistente	-
Incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;	Inexistente	-
Estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável.	Inexistente	-

Fonte: Autora (2024).

5.6. Proposição de melhorias

A partir do diagnóstico apresentado anteriormente (seção 5.4) e na verificação do cumprimento das políticas nacional e estadual pelos municípios mineiros (seção 5.5), identificaram-se os seguintes fatores como as principais fragilidades:

1. Implementação de coleta seletiva defasado;
2. Falta de investimentos em associações e inclusão dos catadores;
3. Meta de erradicar os lixões adiado;
4. Baixa aderência dos municípios aos consórcios intermunicipais;
5. Falta de cooperação intermunicipal além da destinação final;
6. Necessidade de implementação de sistemas de cobrança;
7. Necessidade de elaboração e revisão dos planos de gestão, com garantia da qualidade de seu conteúdo e aderência às realidades locais;
8. Necessidade de implementação de medidas de caráter preventivo;
9. População apática, demandando por atuação mais ativa em conjunto com setor público e privado.

Independente dessas particularidades, espera-se que as diferentes esferas da sociedade (governo, empresas e cidadãos) compartilhem as responsabilidades e obrigações com o manejo de RS, tanto dos urbanos quanto das demais classes, o que vai variar de acordo com a origem e periculosidade. Assim, a gestão integrada é uma abordagem abrangente, que se baseia, ou deveria, nas premissas da sustentabilidade, preferencialmente em direção à economia circular e com priorizando medidas preventivas.

Consequentemente, espera-se que as gestões municipais, tanto nas fragilidades quanto nas potencialidades, apresentem modelos de gestão em que as diferentes etapas de manejo dialoguem com todas as demais. Entretanto, para facilitar a apresentação das proposições, as 9 fragilidades listadas anteriormente foram agrupadas por tema. Os temas são: cadeia da reciclagem; destinação final; consórcio intermunicipal; estratégias de ação.

As propostas consideram a escala municipal, uma vez que os municípios são a esfera responsáveis pela execução do gerenciamento de RSU. Todavia, deve-se considerar que, apesar da proposição ser de forma generalizada, a realidade dos municípios mineiros difere bastante, seja em termos populacionais, de competência

administrativa e de condições de renda e de infraestrutura, limitando mais ou menos a implementação da Política. Por isso, o arcabouço jurídico precisa se adequar às realidades locais, considerando esta diversidade.

Dentre essas limitações locais, mencionam-se: (in)existência de recursos financeiros provenientes de arrecadação própria; acesso a recursos da União; equipe capacitada para a elaboração e execução de estratégias; acesso a recursos tecnológicos; fator político; e percepção ambiental das autoridades locais e da população. Estes fatores não podem ser descritos e analisados por meio dos dados do SNIS e do Panorama, demandando de outras fontes ou de levantamento primário dos dados, seja por meio de conversas com os responsáveis ou visitas técnicas.

5.6.1. Cadeia da reciclagem

Primeiramente, identifica-se como demanda a elaboração de um diagnóstico da cadeia da reciclagem. Para isso, recomenda-se especificamente a determinação frequente da composição gravimétrica dos RS de forma mais detalhada e atualizada, não apenas dados de geração. O “Panorama Resíduos Sólidos Urbanos em Minas Gerais – Ano base 2021” apresenta uma estimativa da fração de recicláveis baseados em, apenas, 20% dos municípios em 2015. Ou seja, além desta estimativa possuir quase dez anos de idade, a amostra é pequena para se extrapolar para o estado de Minas Gerais. Somado a isso, sabe-se que a pandemia e o isolamento social alteraram os padrões de consumo da sociedade, sendo observado um aumento das embalagens e dos descartáveis e, conseqüentemente, dos materiais passíveis de reciclagem.

Ademais, o estudo do mercado na etapa de diagnóstico é indispensável, pois há resíduos que são passíveis de reciclagem, mas cuja rota de recuperação é economicamente inviável. Segundo Carvalho (2021), o potencial de arrecadação do Brasil (considerando o valor presente para 2022) era de R\$ 186,023 bilhões, considerando um horizonte de 20 anos de vida útil de projeto e apenas os resíduos reaproveitáveis com viabilidade econômica. Quando foi considerado todos os resíduos reaproveitáveis, sem limitar a viabilidade econômica, estimou-se um potencial de arrecadação de aproximadamente R\$ 170,35 bilhões. Isso reforça a necessidade de buscar soluções que sejam suficientemente embasadas para justificar a escolha de tecnologias de recuperação e onde instalar tais unidades.

Reforça também a necessidade de atitudes mais sensatas e inteligentes – dos pontos de vista econômico, ecológico e moral – das autoridades e da população, visando a aproveitar melhor seus recursos e minimizar a geração de RS, mitigando assim os inevitáveis impactos ambientais decorrentes deste processo.

Por exemplo, Pujara *et al.* (2019) relatam que em 1987 foi instalado um incinerador de larga escala em Timapur, em Nova Deli (Índia). O incinerador tinha a capacidade de processar 300 t/dia e custou US\$ 5,7 milhões. Porém, dada a baixa qualidade dos resíduos gerados, isto é, com baixo poder calorífico, a sua operação se mostrou como inviável após o teste durante 21 dias (Mukherji *et al.*, 2016). Isso foi associado com a falta de separação dos resíduos, variação da composição e propriedades dos resíduos, com as estações climáticas, seleção inadequada da tecnologia e problemas de manutenção e operação. Ou seja, isto confirma que a adoção de uma solução e tecnologia individual que teve sucesso em um local, não terá o mesmo resultado em outra região, principalmente se o acesso a recursos financeiros e humanos for muito diferente.

Outra caracterização necessária seria a distribuição geográfica da geração destes resíduos. Dessa forma, seria possível incentivar a instalação de indústrias recicladoras de acordo com o potencial econômico das diferentes regiões de Minas Gerais e considerando locais estratégicos para atender mais habitantes e promover a cooperação intermunicipal e com acesso facilitado para reduzir as emissões de GEE por conta do transporte.

Como exemplo cita-se o caso do vidro na região metropolitana de Belo Horizonte (terceira maior região metropolitana do Brasil), que mesmo sendo um material 100% reciclável e com ciclo de vida constante, ou seja, pode ser reciclado quantas vezes for necessário, possui um baixo valor de mercado. Esse fenômeno pode ser resultado da inexistência de indústrias recicladoras de vidro nas proximidades, exigindo investimentos com logística e locais com grande capacidade de armazenamento para concentrar cargas maiores e efetuar a negociação com as indústrias. Consequentemente, o vidro é o material menos coletado nas cidades pelos catadores informais, dado o baixo valor agregado e as dificuldades inerentes ao material (peso específico e volume).

A coleta seletiva simples ou a com segregação total na fonte demanda por uma etapa de separação dos RS em centrais de triagem, pois as indústrias

recicladoras recebem apenas uma quantidade mínima de um determinado tipo de material e exigem uma qualidade média constante. Essa triagem normalmente é realizada manualmente pelos próprios catadores, em galpões (cedidos ou não) ou em unidades de triagem que eventualmente também fazem compostagem. Porém, a falta de engajamento da população – que não separa corretamente na fonte - resulta em um trabalho mais insalubre e moroso para os catadores responsáveis pela triagem, com índices muito baixos de produtividade.

A separação correta e a simples higienização das embalagens pelos cidadãos implicariam em um ambiente de trabalho mais agradável e seguro para os triadores. Além disso, evitaria a contaminação de outros produtos (por exemplo, embalagens) passíveis de reciclagem, o que inviabiliza a recuperação daqueles materiais. Ou seja, além da inutilização dos materiais contaminados, o custo com o manejo dos resíduos aumenta, pois esta parcela necessita de mais um transporte para o seu destino final, que no melhor cenário são os aterros sanitários. Conforme já discorrido na seção de revisão bibliográfica, o maior engajamento da população resultou no aumento da taxa de recuperação de recicláveis nos últimos quinze anos na EU e Japão, sendo essencial o estabelecimento de contratos sociais entre a população, indústrias e setor público.

Há a possibilidade de se instalar Centrais mecanizadas de triagem (CMT), como o caso de São Paulo (SP). A principal vantagem é que são voltadas para recuperação em grande escala; porém, podem comprometer a qualidade dos materiais. Com base em um estudo de caso de implantação em São Paulo de uma CMT projetada na Europa, Souza, Lima e Varella (2021) discutem as desvantagens dessas centrais e sugerem a adequação do projeto, mesclando a atividade humana e atuação de associação de catadores em conjunto com a central.

Segundo Cseh *et al.* (2022), os problemas são ampliados na operação das CMTs por questões relativas à incompatibilidade da tecnologia dos equipamentos estrangeiros com as características dos resíduos recicláveis gerados. Por causa disso, foram identificadas diversas adaptações do projeto original, tendo que ter uma atuação dos cooperados por meio de trabalho manual na separação de materiais problemáticos (especialmente o vidro).

Estas dificuldades também seriam, muito provavelmente, enfrentadas pelos municípios de pequeno porte, porém, a disponibilidade limitada de recursos

humanos e financeiros seriam mais um empecilho para solucionar tais problemas. Ademais, nos casos dos municípios pequenos o montante gerado é inferior, dispensando o uso de tecnologias avançadas e de larga escala. Recomenda-se a implementação de medidas simples de tal forma que sejam bem executadas, e conseqüentemente, efetivas. Como por exemplo: participação efetiva da sociedade, universalização do serviço de coleta, condições de trabalho e infraestrutura adequadas para os catadores/associações, mercado para a posterior comercialização dos materiais recicláveis.

No caso da segregação total na fonte, utilizando recipientes com diferentes cores associadas a cada material como base, considera-se como um cenário bastante promissor e com diversos benefícios. Entretanto, além de demandar por uma estrutura municipal melhor, demandando por investimentos financeiros, a dificuldade inicial sempre identificada é a participação da população. Se nos municípios onde a coleta seletiva consiste basicamente em fração seca e fração úmida já não há engajamento popular, adicionando mais categorias de separação pode resultar em uma involução. Assim, reforça-se o despreparo da população para participar destas iniciativas, seja por falta de conhecimento ou de interesse, demandando por campanhas permanentes de conscientização para todos os públicos e setores da sociedade.

Por exemplo, São Paulo apresentava um potencial de recuperação de materiais recicláveis da coleta seletiva centralizada (especificamente nas CMTs) muito baixo, pois quase todos os produtos apresentavam problemas atribuídos a qualidade inadequada da segregação na fonte (Cseh *et al.*, 2022). Como alternativa, Lima *et al.* (2022) sugerem a integração dos catadores na etapa de coleta e não apenas na triagem dos materiais, possibilitando a integração direta entre os catadores e os usuários contribuiria no esclarecimento de possíveis dúvidas quanto a separação. Além disso, recomendou-se a retirada de dispositivos de compactação dos caminhões responsáveis pela coleta dos materiais recicláveis, pois os catadores já fariam uma pré-triagem durante a coleta.

Em relação aos tipos de coleta, a coleta porta-a-porta aumenta o nível de participação da população, dada a maior comodidade. Porém, este tipo de coleta é mais dispendioso do que os outros. Para o caso dos pontos de entrega voluntários (PEV), sua distribuição geográfica precisa garantir acesso e acessibilidade para

todos, de tal maneira que exista um limite máximo de distância em relação aos pontos de geração, seja, fácil de estacionar, com inclinação suave para que os cidadãos sem automóveis não se desmotivem para o descarte adequado, entre outras exigências. Além disso, recomenda-se o estabelecimento de acordos entre as administrações públicas e outros setores (tais como supermercados, por exemplo) para incentivar a entrega destes resíduos nos PEVs.

Estas iniciativas para promover a descentralização da coleta seletiva “complementam brechas de atuação do serviço público de coleta seletiva e nascem de demandas identificadas pela sociedade civil ou pelo mercado” (Cseh, *et al.*, 2022). As autoras descrevem o caso do município de São Paulo, onde foram identificados PEVs, resultantes de iniciativas comunitárias ou privadas.

No caso de Belo Horizonte (MG) existe a iniciativa chamada “Estação Circular”, onde o cidadão realiza um cadastro, leva os materiais recicláveis (devidamente higienizados e separados) para os pontos de entrega, acumula pontos e troca por produtos, créditos ou pode doar para instituições parceiras (Estação [...], 2023). Outro exemplo é a iniciativa da rede de supermercados BH em parceria com a Ambev, que instalou dez máquinas de coleta de resíduos pós consumo nos supermercados. Ao destinar as embalagens de vidro nessas máquinas, o usuário pode receber pontos por descarte, que podem ser trocados posteriormente por recarga de celular ou até dinheiro (Supermercados [...], 2023). Por último, cita-se o Programa de Eficiência Energética da Equatorial Maranhão, denominado de E+ Reciclagem desde 2019, cujo objetivo é trocar materiais recicláveis por descontos na fatura de energia (Equatorial [...], 2023).

As informações referentes ao desempenho dessas iniciativas não foram encontradas. Por isso, sugere-se como estudos posteriores a investigação dos desdobramentos dessas ações, seja a quantificação da massa recuperada de recicláveis, mapeamento dos usuários, levantamento das principais motivações dos cidadãos e verificação com as cooperativas locais se estes programas também influenciaram o funcionamento destas organizações.

Por último, como proposição de melhorias para a questão dos catadores recomenda-se sua capacitação e qualificação profissional. Isso porque a capacidade organizativa dessas associações é fundamental para que consigam ter um desempenho eficiente/compatível e atendam as metas estabelecidas (seja na

abrangência de atendimento ou na proporção da fração recuperada), fortalecendo a autonomia de suas atividades. Além disso, devem contar com uma infraestrutura minimamente adequada para que os catadores tenham condições dignas de trabalho, o que auxiliará na maior produtividade deste serviço. Por exemplo, a simples distribuição de EPIs aumenta a percepção dos catadores da segurança e bem-estar, além ad promoção de saúde e qualidade de vida (Oliveira, 2023).

Em relação ao espaço físico, Damascena, Santos e Oliveira (2017) identificaram como inadequado o espaço entre as *bags* com resíduos misturados e as *bags* com materiais já separados, o que dificultava a circulação dos catadores, manuseio dos materiais e higienização do local. Outro problema encontrado pelas autoras foi a altura das *bags*, obrigando os cooperados a realizarem movimentos repetitivos e extremos de ombro e coluna.

Uma possível iniciativa municipal para incentivar que os catadores informais se associem seria por meio de reconhecimento e de oferta de benefícios sociais aos catadores, como auxílios para obterem identificação legal, habitação, saúde e educação. Por exemplo, no início do século XXI, em Medellín na Colômbia, os membros da associação Recuperar recebiam 50% a mais do que o salário-mínimo. Além disso, os associados podiam obter empréstimos da cooperativa, são afiliados com o sistema da Colômbia de medicina socializada, possuem oportunidades de receber bolsas de estudos e contam com seguro de vida (Medina, 2007).

Outra iniciativa poderia ser a criação de mecanismos para garantir preços justos de venda dos materiais recicláveis e maior estabilidade no decorrer do ano, uma vez que os atravessadores são os que realizam a compra dos catadores e estabelecem o preço que quiserem. Ou então, os municípios poderiam promover o diálogo direto entre as indústrias recicladoras e as cooperativas para eliminar a quantidade de atravessadores, como intermediários, remunerando mais justamente os catadores. Assim, o retorno financeiro para as cooperativas seria maior, resultando em um maior repasse para os catadores e, conseqüentemente, incentivaria os profissionais autônomos a se associarem.

Apesar dos inúmeros benefícios para a formalização dos catadores autônomos, os quais já foram mencionados e discutidos ao longo desta tese, Vahdat *et al.* (2022) mencionaram as desvantagens vistas pelos próprios trabalhadores. Os catadores enxergam a maior vulnerabilidade em relação à repressão do Estado, pois

a irregularidade pode resultar em multas ou apreensão do dispositivo utilizado para transportar os materiais coletados. Porém, trabalhar de forma autônoma permite ao catador, ou ao coletivo de catadores, não perder o acesso a programas de proteção social como a Bolsa Família. Além disso, ao se formalizar, o catador deve arcar com as despesas referentes ao registro, impostos e outros custos administrativos mensais.

Já e Bermudez, Montoya-Ruiz e Saldarriaga. (2019) constataram que alguns catadores que já pertenceram a cooperativas enxergam os benefícios de integrar associações, porém, tais benefícios não são suficientes, sendo as vezes nulos, considerando que tiveram que investir tempo na participação nas reuniões e cumprimento das obrigações da própria cooperativa, levando-os a desistir de integrar tais organizações. Outro ponto identificado foi a predisposição dos catadores informais desconfiarem da regulamentação existente²¹, que pode limitar a independência do trabalhador, além de considerarem complicado o processo de acesso à associação.

O que precisa ser disseminado é que, embora o catador tenha esses custos para formalizar sua atividade, aqueles que já são formalizados podem acessar determinados serviços bancários (como créditos), emitir nota fiscal para acessar programas de logística reversa e contar com um respaldo legal para ter certo nível de proteção social, como auxílio-doença, aposentadoria e licença maternidade. Outro ponto negativo da informalidade desses trabalhadores é a impossibilidade de se ter uma fonte de renda que não depende da apresentação de comprovante de endereço e nem de uma identidade, o que acaba sendo pertinente para os moradores de rua.

Além desses catadores que atuam de forma dispersa nos centros urbanos, devem ser mencionados aqueles que atuam em lixões, pois eles possuem dinâmicas e realidades distintas. Com o atendimento da meta de eliminar os lixões, a fonte de renda dessa população seria desativada e os mesmos teriam que buscar novas formas de sustentar suas respectivas famílias. Assim, o plano de ação deve englobar

²¹ Estudo de caso realizado em Bogotá (Colômbia), com o objetivo de avaliar o impacto da reciclagem após três anos da publicação do Decreto 596, que regulamenta o uso do serviço de limpeza pública e o regime transitório para formalização dos catadores autônomos.

as duas metas simultaneamente, existindo até um guia de atuação ministerial desenvolvido pelo Conselho Nacional do Ministério Público (CNMP, 2014).

A erradicação dos lixões resulta em diversos os catadores se sentirem desamparados, como ocorreu no caso do Aterro Municipal de Jardim Gramacho (AMJG), no Rio de Janeiro, região que permanece em estado de precariedade e abandono, e que as políticas públicas voltadas aos catadores locais foram ineficientes (Pereira *et al.*, 2020). Segundo Oliveira e Machado (2022, p. 175),

Mesmo com o encerramento das atividades do AMJG, em 2012, essa negligência perpetuou um processo de invisibilidade espacial, com a ampliação de ocupações irregulares e insalubres, o esvaziamento das atividades do bairro e o aprofundamento da contaminação; bem como de invisibilidade social, com a retirada de empregos e rendas que funcionavam em torno das atividades do aterro metropolitano e o empobrecimento da população local.

Independentemente do tipo de coleta (porta a porta, PEVs ou catadores), identifica-se como uma demanda urgente para todos os municípios a conscientização ambiental da população. Além da higienização, da separação correta dos materiais e seu acondicionamento, o que seria o mínimo de conhecimento a ser obtido pela população (ou fornecido a ela), considera-se como pertinente a disseminação de conceitos preventivos (como não geração e redução), consumo consciente, economia circular, conhecimento da despesa pública para prover o serviço de limpeza urbana e sobre a importância do pagamento pelos serviços de saneamento, ou seja, iniciativas educativas são capazes de colaborar com diferentes etapas do manejo dos RSU.

Para fins exemplificativos, menciona-se o projeto ViaVerde, do município de Amparo (SP). A população de Amparo pode trocar três quilos de material reciclável por dois quilos de alimentos orgânicos, os quais são advindos de produtores rurais da região (Instituto [...], 2023). Mais de 800 kg/semana são recebidos e aproximadamente 30% da população adere ao Programa. Inicialmente o projeto era direcionado para as comunidades com maior vulnerabilidade social, englobando 5 bairros e, em 2021 (data da publicação da matéria), atendia 16 bairros.

Outra iniciativa com potencial é a disseminação da ideia da coleta seletiva solidária (CSS), definida pelo Comitê Interministerial de Inclusão Social dos Catadores de Materiais Recicláveis (CIISC) como

uma estratégia que busca a construção de uma cultura institucional para um novo modelo de gestão dos resíduos, no âmbito da administração pública federal, direta e indireta, somada aos

princípios e metas estabelecidos pela A3P – Agenda Ambiental da Administração Pública Federal (CIISC, 2008, p. 13).

Ou seja, essa medida promove a separação na fonte dos resíduos recicláveis descartados pelas instituições da administração pública, com destinação para as associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis, que são previamente contatadas e com as quais tenha sido estabelecido um acordo. Assim, promove-se o aumento da renda dos catadores, criam-se novos postos de trabalho na cadeia da reciclagem, melhoram-se as condições de trabalho dos catadores, fortalecem-se as organizações dos catadores, reduz a quantidade de resíduos encaminhados para aterros e fortalece a consciência socioambiental dos servidores públicos.

Outra proposição seria a realização da coleta seletiva da fração orgânica. Como já mencionado, os resíduos orgânicos são predominantes nos RSU de países em desenvolvimento, como o Brasil, assim como no caso dos municípios mineiros. Sabe-se que o seu descarte inadequado resulta em diversos impactos ambientais negativos, trazendo riscos para a saúde humana e qualidade ambiental. Mesmo que dispostos em aterros sanitários, a sua decomposição gera GEE que se não houver dispositivo de controle no aterro, contribui diretamente com o aquecimento global, além do desperdício do potencial energético deste subproduto. Além disso, a decomposição da fração orgânica gera o chorume, que é altamente poluente e contaminante, o que pode comprometer a qualidade dos solos e recursos hídricos (superficiais e subterrâneos).

Já existem diversos aterros sanitários com o reaproveitamento energético do metano gerado na decomposição da matéria orgânica dos aterros sanitários. Porém, por não ser um requisito para o funcionamento dessas unidades no Brasil, ainda existem aterros sanitários que apenas realizam a queima do metano (com o intuito de reduzir as emissões dos GEE) ou, no pior cenário, apenas emitem o gás diretamente para a atmosfera. Conforme estudo realizado por Kim *et al.* (2021), o aproveitamento energético não é sempre economicamente viável, sendo o caso de São Carlos (SP), cuja vazão média do biogás estimada foi de 2.240,8 m³/h, recomendando a instalação de dois geradores, o que resultaria no valor presente líquido do projeto estimado de R\$ 580.585.450,24 e custo nivelado de eletricidade R\$ 1,17/MWh. Os autores ainda concluíram que, apesar de ser previsto na PNRS,

o aproveitamento energético do biogás de aterros sanitários não deve ser a principal estratégia, pois as medidas preventivas e a descentralização da gestão e do gerenciamento dos resíduos devem ser priorizadas.

Além desta rota de aproveitamento energético de biogás, sugere-se a promoção da compostagem, tanto centralizada quanto descentralizada. No caso de unidades centralizadas, como as UTCs, menciona-se novamente a necessidade de se investir na educação ambiental. Assim, seria uma segregação minimamente de qualidade seria promovida, aproveitando melhor o potencial de reciclagem tanto da fração seca quanto da fração orgânica. Conforme a conclusão de Bermudez, Montoya-Ruiz e Saldarriaga. (2019), as dificuldades dos recicladores estão associadas à falta de cultura e educação das pessoas quanto à separação dos resíduos na fonte, sendo esta última considerada como uma das etapas mais importantes dentro do processo de reciclagem.

No caso de unidades descentralizadas, pode-se implementar pequenos pátios de compostagem em praças, terrenos baldios e escolas, onde os moradores do entorno conseguem destinar os seus resíduos orgânicos e dividir a responsabilidade da operação da usina e os benefícios obtidos. Por exemplo, a ação conhecida como “Revolução dos Baldinhos”, em Florianópolis (SC), iniciou em 2008 com participação de 5 famílias e em pouco tempo atingiu 95 (Cepagro, 2016).

A recuperação da fração orgânica também tem potencial de contribuir com programas de arborização urbana, de pomares urbanos e criação de jardins, que além de auxiliar no conforto térmico dos centros urbanos (o que foi um desafio enfrentado no ano de 2023), aumenta a permeabilidade do solo e conseqüentemente o reabastecimento dos aquíferos subterrâneos e redução do escoamento superficial e, conseqüentemente, eventos e inundações e enchentes decorrentes das precipitações intensas. Ou seja, a interdisciplinaridade destas ações é evidente e, como já mencionado anteriormente, o levantamento do mercado deve ser realizado previamente para garantir que a sustentabilidade financeira das unidades recicladoras, seja da fração seca ou da orgânica.

Além destas medidas, há a possibilidade de se promover a compostagem domiciliar – descentralizada e sem necessidade de venda do produto -, aliviando ainda mais o sistema de limpeza urbana dos municípios. Isso porque os resíduos orgânicos gerados nas residências seriam reciclados no próprio local gerador,

dispensando as etapas de acondicionamento e transporte. Com isso, o uso de recursos e geração de impactos negativos são reduzidos. Como exemplo desta medida, menciona-se o município de São Paulo (SP), que lançou o programa Composta São Paulo em 2014. Neste programa, foram distribuídas 2.000 composteiras domésticas, realizadas 135 oficinas de compostagens, 88 oficinas de plantios e mais de 250 toneladas de resíduos orgânicos compostados²².

Enfim, sugere-se que, assim como os resíduos recicláveis secos, estes resíduos também possuam uma coleta diferenciada. O formato da coleta seria de acordo com a realidade local, a partir dos recursos disponíveis, da infraestrutura local e do engajamento popular. Portanto, o investimento na cadeia da reciclagem (secos e úmidos) é uma demanda urgente, uma vez que os recursos naturais estão cada vez mais escassos para a sociedade seguir extraindo para a produção de bens e serviços; a reinserção dos materiais na cadeia produtiva contribui para uma redução da emissão dos GEEs, contribuindo diretamente com a questão das mudanças climáticas; a valorização da reciclagem vai além da qualidade ambiental, promovendo melhorias sociais, principalmente para as classes mais pobres da sociedade.

Além disso, pode resultar em maior arrecadação municipal por meio da venda dos materiais pelas cooperativas que assinarem contrato com as gestões municipais. Krupp, Silva e Vieira (2017) observaram que, após uma associação de catadores, localizada na região sul do Brasil, alterar a configuração para uma cooperativa houve ganhos por parte da prefeitura, que cedeu o espaço para o galpão, caminhões e sua manutenção, motoristas funcionários da prefeitura e R\$ 15.000,00 por mês pelo serviço de coleta seletiva no município. Além disso, a parceria realizada com duas empresas privadas culminou com treinamentos para os cooperados, o que resultou em uma maior quantidade de associado.

Enfim, a implantação de coleta seletiva e reciclagem nos municípios não é uma tarefa simples. Segundo o levantamento bibliográfico, existem diferentes documentos orientativos para a implantação de coleta seletiva nos municípios e estudos de caso (Mendes *et al.*, 2022). Dentre os documentos e estudos consultados,

²² Não foi encontrada informação mais recente referente aos desdobramentos do programa.

optou-se pela apresentação do manual elaborado pela Semad (2022c), pois foi desenvolvido justamente para os municípios mineiros. As etapas e o resumo das ações estão dispostos no Quadro 11.

Quadro 11: Procedimento para implantar sistema de coleta seletiva de acordo com as orientações da Semad (2022c).

Etapa	Ação	Descrição
I - Diagnóstico	1	Criação da comissão da coleta seletiva
	2	Diagnóstico participativo dos catadores e trabalhadores envolvidos na coleta do município
	3	Diagnóstico da geração e gestão de rsu e potencial de comercialização de recicláveis na região
	4	Diagnóstico das legislações e posturas municipais relacionadas
	5	Seminário para apresentação do diagnóstico
II - Planejamento	6	Planejamento físico-financeiro da coleta seletiva
	7	Planejamento físico-financeiro das ações de mobilização social, de inserção de catadores e capacitação de trabalhadores
	8	Elaboração de proposta de legislação para a coleta seletiva
	9	Definição de indicadores de monitoramento da coleta seletiva
III - Implantação	10	Seminário para apresentação da coleta seletiva
	11	Implementação de estrutura física, adequação e aquisição de equipamentos.
	12	Capacitação dos trabalhadores envolvidos com a coleta seletiva
	13	Mobilização da população e execução de campanhas para lançamento da coleta seletiva
IV - Monitoramento	14	Lançamento oficial da coleta seletiva
	15	Estabelecimento de rotina de coleta de dados de monitoramento da coleta seletiva
	16	Seminário para apresentação dos resultados do monitoramento do serviço

Em relação a melhorias no sistema de coleta seletiva e reciclagem, o Planares estabeleceu 39 (estratégia 25 a 63) estratégias para atender as 7 diretrizes, sendo essas (MMA, 2022a):

Diretriz 3A - Qualificar, fortalecer e formalizar a prestação de serviços por associações e cooperativas de catadores;

Diretriz 3B - Aumentar a participação de cooperativas e associações de catadores no manejo de resíduos sólidos urbanos;

Diretriz 4A - Estimular o mercado da reciclagem, de produtos recicláveis e/ou compostáveis e priorizar o uso dessas matérias primas;

Diretriz 4B - Expandir e consolidar a coleta seletiva de resíduos secos e orgânicos;

Diretriz 4C - Implementar, fortalecer e consolidar sistemas de logística reversa;

Diretriz 4D - Valorizar e aumentar a reciclagem dos resíduos secos;

Diretriz 4E - Valorizar e aumentar a recuperação dos resíduos orgânicos.

As estratégias e diretrizes apresentadas no Plano Nacional são pertinentes, porém, identifica-se como limitação a superficialidade de algumas estratégias, como a “Estratégia 31: Incentivar a formalização de cooperativas e associações de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis”. Como esse incentivo será

realizado e qual o prazo para a implementação de programas não foi esclarecido. Além disso, dado o histórico de (não) atendimento e implementação de políticas públicas, seja em escala estadual ou federal, não é inesperado que se tenha um viés mais pessimista em relação ao Planares.

Portanto, é nítido que a cadeia da reciclagem está em desfalque nos municípios mineiros. Para reverter esse cenário, o Estado e a União contam com um leque de instrumentos legais e normativos, mas que falta a implementação de fato desses programas e estratégias. No cenário onde a cadeia da reciclagem atinge todo o seu potencial, as demais etapas de manejo seriam aliviadas, contribuindo com um gerenciamento mais eficiente e com desdobramentos socioambientais positivos.

5.6.2. Destinação final

Os dados do SNIS indicam que a principal estratégia adotada para a erradicação dos lixões é a substituição por aterros sanitários. Apesar de contar com diversos dispositivos de controle ambiental, o ideal seria que apenas os rejeitos fossem dispostos nos aterros sanitários, sendo definidos como os resíduos para que foram esgotadas as possibilidades de recuperação e tratamento. Como a reciclagem e logística reversa se encontram em estágios muito iniciais, é comum que os municípios ainda destinem muitos resíduos com potencial de recuperação para os aterros, o que representa maiores despesas para os municípios (já que o valor pago para disposição é baseado na massa), assim como redução de receita gerada a partir da venda dos recicláveis, além de continuarem a gerar impactos consideráveis.

Na seção anterior, foram propostas formas para implementar a coleta seletiva e de incentivar a cadeia da reciclagem, promovendo a descentralização da GRSU. Além das mencionadas, tais como compostagem para a fração orgânica, existem outras rotas alternativas que também permitem o aproveitamento dos subprodutos gerados no tratamento de resíduos sólidos, como a pirólise, biometanização e gaseificação. Porém, o uso dessas tecnologias requer uma mão de obra minimamente qualificada para dimensionar, projetar e operar estas unidades, além da própria viabilidade técnico-financeira e dos vultosos investimentos iniciais e de licenciamento ambiental.

Outra dificuldade enfrentada é o conflito de interesse entre os diversos responsáveis e interessados na GRSU. Sabe-se que grandes empresas têm interesse em manter a GRSU centralizada, uma vez que o lucro dessas é baseado na massa de resíduos coletada e disposta nos aterros e lixões. Além do caso dos aterros sanitários, mencionam-se as usinas incineradoras que possuem interesse apenas nos materiais recicláveis e demais resíduos com alto poder calorífico, resultando em conflito existente desde antes da promulgação da PNRS com a classe dos catadores de materiais recicláveis.

Enfim, existem diversas alternativas para a erradicação dos lixões e descentralização da GRSU, cabendo ao poder público selecionar aquela mais adequada para a realidade local, seja por recursos financeiros, disponibilidade de tecnologia, mão de obra qualificada, composição dos resíduos, grau de participação da comunidade e mercado para o comércio dos produtos. Portanto, não será feita uma recomendação de qual rota específica a ser adotada, porque a realidade local é variada dentre os municípios mineiros, demandando pelo diagnóstico para implementar qualquer estratégia de ação.

Sabe-se que o prazo inicial para a erradicação era o ano de 2014, o que claramente não foi cumprido. O novo prazo estabelecido é até 2024, o que vai depender do porte populacional da cidade, conforme apresentado anteriormente na revisão bibliográfica. Porém, se em treze anos os municípios mineiros não cumpriram ainda, dificilmente os municípios restantes conseguirão cumprir com o objetivo de eliminar os lixões até o final deste ano. Em 2011 (primeiro panorama de MG encontrado), 4.347.702 hab tinham os seus resíduos destinados para lixões. Em 2021, dez anos depois, este número reduziu para 3.480.249 hab, representando aproximadamente uma redução de 20% em uma década.

A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe) publicou em 2018 o Roteiro para encerramento dos lixões, documento adaptado de uma campanha internacional realizado em 2016 pela ISWA (Associação internacional de resíduos sólidos ou *International Solid Waste Association* em inglês) (ABRELPE, 2018). De acordo com o roteiro, existem três formas para fechar um lixão, o que vai depender de uma série de fatores, como sustentabilidade e custo-benefício. Os três métodos propostos estão descritos no Quadro 12.

Quadro 12: Descrição dos métodos de erradicação dos lixões.

Método de encerramento do lixão	Procedimento	Requisitos	Comentários
Encerramento com adequação para um aterro controlado	Instalação de cobertura com baixa permeabilidade sobre a massa de resíduos existente	Espaço disponível ao lado do lixão massa de resíduos existente deve estar estabilizada	Recomenda-se o uso de métodos de construção e materiais locais, maximizando a melhoria e desempenho ambiental
	aplicação de uma camada de solo e vegetação	distância segura da população do entorno e/ou córrego ou aquífero raso não pode haver problemas com áreas de inundação	
	instalação de um sistema básico de coleta de gás e chorume	distância adequada do aeroporto para reduzir o risco de presença de aves não pode haver resíduos perigosos misturados com os RSU	
	Cobrir os resíduos existentes com solo e vegetação	Requer uma instalação alternativa de processamento de resíduos ou novo local para disposição final	
Fechamento com cobertura dos resíduos existentes	instalar sistema básico de coleta de gás e chorume	considerar os problemas de água subterrânea e de gases de aterro, bem como sistema de controle e monitoramento da instalação	Este é o método mais utilizado para o encerramento de lixões O sistema de cobertura local servirá como meio de crescimento para a vegetação e apoiará usos pós-encerramento, como recreação
Encerramento com remoção dos resíduos do lixão	Remover a massa de resíduos do lixão	Considerar problemas de odor e transporte	método mais caro potencial para novo uso da área pós encerramento e a revitalização do local
	transferir para outro local (normalmente aterro sanitário)	precisa de outra instalação de tratamento para destinação dos resíduos	possibilidade de remover os resíduos com a recuperação de alguns materiais recicláveis e resíduos perigosos problemas de odor e transporte

Fonte: Abrelpe (2018).

Em contrapartida, Planares (MMA, 2022a) propôs seis estratégias para eliminar e recuperar os lixões e aterros controlados, sendo estes:

Estratégia 1: Vedar, após vencimento dos prazos estabelecidos no marco legal do saneamento, o repasse de recursos voluntários a municípios que encaminhem resíduos sólidos para disposição final em lixões e aterros controlados.

Estratégia 2: Definir orientações técnicas e procedimentos para encerramento de lixões e aterros controlados e recuperação de áreas contaminadas pela disposição inadequada.

Estratégia 3: Realizar levantamento e mapeamento de lixões e aterros controlados, incluindo a necessidade de investimentos para recuperação.

Estratégia 4: Disponibilizar e facilitar acesso a recursos para o encerramento²³ de lixões e aterros controlados, com prioridade para municípios localizados em regiões integradas de desenvolvimento, instituídas por lei complementar, em áreas de especial interesse turístico, bem como para soluções consorciadas.

Estratégia 5: Fomentar assistência técnica para a elaboração de projetos de engenharia, processo licitatório e gestão técnica, orçamentária e financeira nos processos de encerramento de lixões e aterros controlados e recuperação de áreas contaminadas pela disposição inadequada.

Estratégia 6: Promover mecanismos para formalização, capacitação e assistência técnica aos catadores de materiais recicláveis com atuação em lixões e aterros controlados.

Verifica-se que a estratégia 1 e 4 são de caráter financeiro, estando relacionados com o acesso/repasso a recursos da União. As duas últimas estão mais relacionadas com o auxílio e capacitação das pessoas envolvidas, sejam os catadores de materiais recicláveis ou a equipe técnica envolvida no processo de encerramento do lixão ou projeto da nova unidade de destinação final. Por último, as estratégias 2 e 3 são atribuições da União, onde deverão fazer o levantamento dos lixões e elaborar material orientativo, porém, não está definido qual o prazo para a execução dessas duas estratégias.

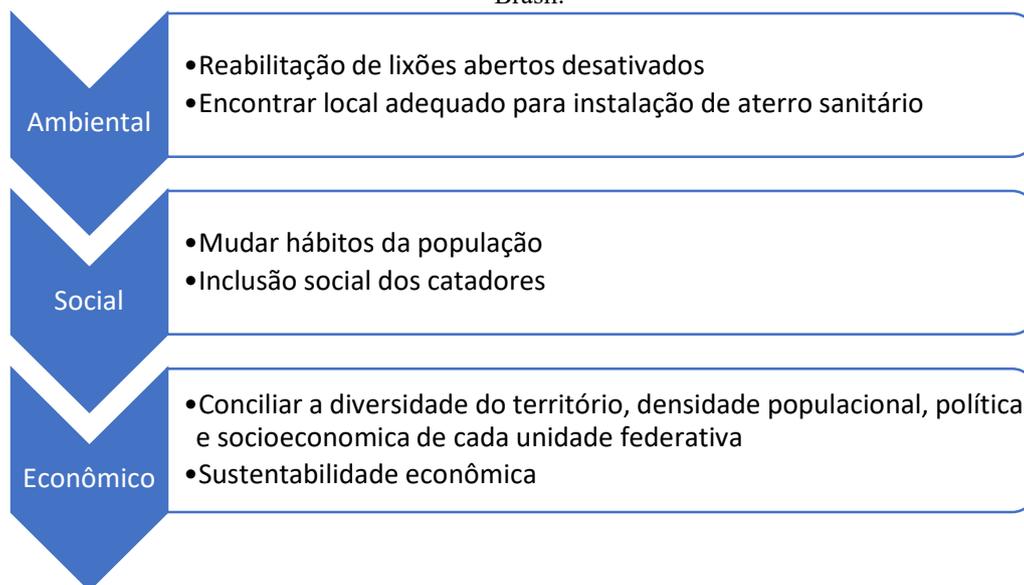
Porém, a execução dessas metodologias não é tão simples quanto parecem. De acordo com Dias, Carvalho e Limons (2013), os principais desafios enfrentados para o fechamento dos lixões, de acordo com o tripé da sustentabilidade, estão dispostos na Figura 56. Apesar da referência ser antiga, os desafios listados pelos autores ainda se mostram como pertinentes, retratando o descaso com o atendimento da Lei 12.305 de 2010. Por fim, é nítido que a erradicação dos lixões é um grande desafio, sendo necessário o atendimento de certos requisitos e dependendo dos recursos disponíveis, sejam os financeiros, materiais ou humanos.

Todavia, como a maior parte dos municípios mineiros é de pequeno porte, recomenda-se o consorciamento para que as administrações municipais consigam, em conjunto, promover a troca de conhecimento e facilitar o acesso aos recursos mencionados. Inclusive, governos locais de menor dimensão, em número de habitantes e área servida, são mais propensos a potenciar os efeitos da cooperação

²³ O encerramento de lixões e aterros controlados compreende, no mínimo: ações de cercamento da área; drenagem pluvial; conformação do maciço; cobertura com solo e cobertura vegetal; sistema de vigilância; realocação das pessoas e edificações que porventura se localizem dentro da área do lixão e aterro controlado (Mma, 2022a).

pública, segundo Silva, Silvestre e Embalo (2020). O arranjo intermunicipal possibilita a construção de aterros sanitários, algo que requer escala e, portanto, os municípios de pequeno porte são, em tese, aglomerações potenciais para este tipo de organização. A proposição para a formação de consórcio intermunicipal será tratada na seção seguinte.

Figura 56: Principais desafios sociais, ambientais e econômicos para o encerramento dos lixões no Brasil.



Fonte: Adaptado de Dias, Carvalho e Limons (2013).

5.6.3. Consórcio intermunicipal

Apesar de ter sido proposta a integração dos municípios em consórcios intermunicipais para solucionar a questão da destinação final, mais especificamente a erradicação dos lixões, uma fragilidade identificada nesta pesquisa foi a limitação dos consórcios investigados atuando apenas para a destinação final. Isto é, os consórcios compartilhavam a responsabilidade e despesas somente dos aterros sanitários.

Porém, os consórcios intermunicipais deveriam compartilhar as demais etapas do manejo de RSU, além da destinação final. Os planos intermunicipais consultados indicaram que a gestão adotada segue um modelo voltado para a destinação final. O ideal seria que o sistema de coleta seletiva, assim como as iniciativas de logística reversa, criação de associações e cooperativas de catadores e de indústrias recicladoras, estabelecimento de programas de educação ambiental, entre outras, fossem medidas planejadas e executadas de forma conjunta, entre os municípios.

Em relação à baixa aderência dos municípios, considera-se que os seguintes fatores são os principais dificultadores: desconhecimento ou mau entendimento da problemática, diferentes interesses políticos partidários, pequena/nenhuma participação da sociedade civil e de técnicos qualificados, dificuldade de identificação de objetivos comuns entre os municípios e ausência de estrutura administrativa simples, flexível e eficaz. Assim, recomenda-se uma investigação da real desmotivação das administrações municipais em se integrarem a consórcios, uma vez que já existem diversos estudos recomendando estes arranjos para municípios de pequeno porte.

Além das deliberações da PNRS, o Decreto Estadual nº 45.181, de 25 de setembro de 2009 (Minas Gerais, 2009a) prevê que os municípios que adotarem soluções consorciadas para tratamento de RSU terão acréscimo de 10% na cota parte do ICMS ecológico. Além disso, aqueles que se dispuserem a receber os resíduos sólidos provenientes de soluções consorciadas (em aterro sanitário ou outro empreendimento de tratamento e/ou disposição final de RSU) farão jus a um acréscimo de 20%, no critério “saneamento”.

Segundo a cartilha de orientações para consórcios (Semad, 2023d), a primeira etapa para a criação de um consórcio é o alinhamento dos objetivos em comum entre os prefeitos. Salienta-se que há um roteiro para constituição de consórcio intermunicipal que foi elaborado pelo Ministério do Meio Ambiente em 2022 (Mma, 2022b), roteiro este que não será apresentado neste trabalho, mas que pode ser uma outra alternativa para os municípios consultarem e seguirem.

Para o atendimento da diretriz “2D - Fomentar e implantar a gestão regionalizada de resíduos sólidos” (Mma, 2022a, p. 161), o Planares propôs 5 estratégias, sendo:

Estratégia 18: Apoiar a estruturação de arranjos institucionais de municípios para a gestão regionalizada dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, estimulando sua organização segundo características estruturantes do espaço geográfico, como o tamanho da população, a quantidade de municípios, bem como escalas espaciais ótimas, de forma a viabilizar soluções de longo prazo.

Estratégia 19: Apoiar os estados na implementação de soluções de regionalização e definição de escalas ótimas, para a gestão regionalizada de resíduos sólidos.

Estratégia 20: Incentivar os municípios para constituição e operacionalização de consórcios públicos ou outros modelos de cooperação entre entes federativos.

Estratégia 21: Priorizar o acesso a recursos federais por consórcios públicos e soluções regionalizadas.

Estratégia 22: Incentivar estados e municípios a considerar, no licenciamento ambiental de empreendimentos para a destinação final de resíduos e rejeitos, a priorização de soluções de caráter regional ou compartilhadas por mais de um ente federativo.

As estratégias 18, 19 e 20 foram consideradas como superficiais, pois não está claro como a União irá incentivar e apoiar estruturação, implementação, constituição e operacionalização dos consórcios. No caso das duas últimas, identifica-se uma estratégia mais clara, sendo estipulado a priorização de acesso aos recursos federais e também a orientação para os estados e municípios priorizarem soluções intermunicipais no licenciamento ambiental de empreendimentos de destinação final de resíduos e rejeitos.

Os benefícios para as gestões municipais provenientes da integração a consórcios são inúmeros, como: menor custo das ações realizadas; trabalhos de Educação Ambiental em nível regional de forma contínua; fortalecimento das cooperativas de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis; potencialização da coleta seletiva; criação de novas Usinas de Triagem e Compostagem; minimização de risco de degradação ambiental, pela otimização do uso de áreas para a disposição final de RSU com a possibilidade de implantação de um aterro sanitário, entre outros. Porém, tais benefícios precisam ser devidamente informados aos executivos dos municípios, sendo inclusive uma das sugestões realizadas por César (2017).

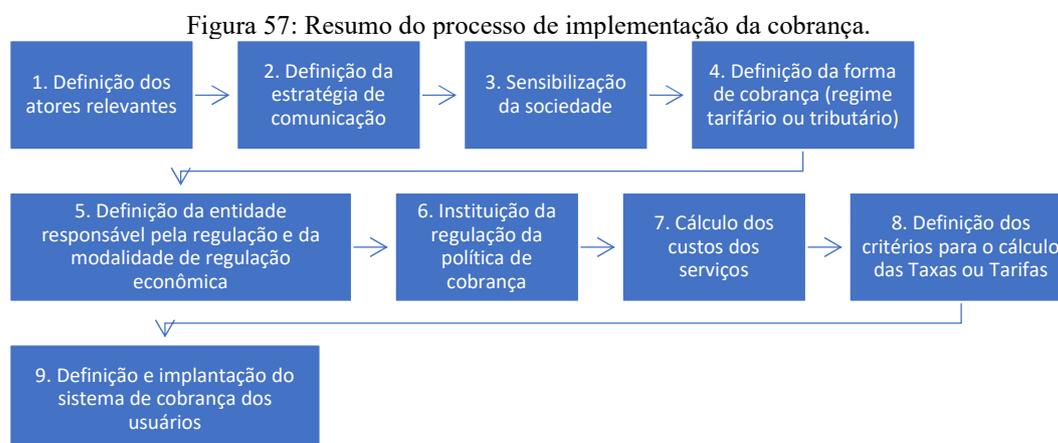
Além destes ganhos, existe a questão do acesso a recursos financeiros da União e do Estado (e ao ICMS ecológico, quando for o caso), sendo um incentivo de cunho financeiro que pode ser mais influente para os gestores do que os benefícios socioambientais. Por fim, menciona-se novamente a proposta de regionalização realizada em 2010, onde agrupamentos foram elaborados baseando-se em estudos socioambientais dos municípios, mas os agrupamentos propostos não foram seguidos pelos consórcios existentes. A PRE-RSU seria um ponto de partida adequado para os municípios de pequeno porte não consorciados iniciarem o diálogo para estabelecerem o objetivo comum e, assim, dar sequência para a criação do consórcio.

5.6.4. Estratégias de ação

Neste grupo temático, serão tratadas quais medidas os municípios devem adotar de caráter mais preventivo e que estruturam melhor seus sistemas de GRSU como um todo, dando suporte para diferentes iniciativas do manejo. Os tópicos que serão tratados aqui são: implementação de sistema de cobrança, elaboração/atualização dos planos de gestão (seja municipal ou intermunicipal), programas de educação ambiental e monitoramento (levantamento e registro dos dados).

Sobre o sistema de cobrança, a revisão do Marco Legal do Saneamento prevê que os municípios e estados brasileiros passem a cobrar pela prestação dos serviços de limpeza urbana e manejo de RSU, demandando por um suporte externo na proposição e estruturação dessa ferramenta, o que pode ser feito por meio de taxas ou tarifas. A própria Semad (2021c) consolidou o apoio técnico prestado pelo governo do estado por meio da apresentação, aos gestores públicos municipais, de algumas ferramentas desenvolvidas pelo MDR (2021b), como o ‘Roteiro para a Sustentabilidade do Serviço Público no Manejo de RSU’, construído para instruir municípios e consórcios na definição do modelo tarifário a ser utilizado na cobrança pela gestão dos RSU.

Este arquivo e demais manuais com orientações que foram elaborados pelo MDR são acessíveis e estão disponíveis no sítio eletrônico do Ministério das Cidades (Ministério [...], 2023). De acordo com o referido Roteiro (Mdr, 2021b), o procedimento a ser seguido para a implementação de cobrança nos municípios, de forma resumida, está esquematizado na Figura 57.



Fonte: Adaptado de Gonçalves (2020 *apud* Mdr 2021b).

Em contrapartida, o Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana no Estado de São Paulo (Selur, 2023) propôs um outro processo para a implementação da cobrança. Além de contar com menos etapas (totalizando seis), a ordem também difere um pouco do proposto pelo MDR (2021b). Ou seja, assim como outros fatores relacionados com o manejo de RSU, não há um único modelo generalista que seja adequado para todos os casos. A estratégia adotada e a forma de executar as medidas dependerão das características e condições locais.

No caso específico da etapa “7. Cálculo dos custos dos serviços”, o MDR disponibiliza uma “Ferramenta de Cálculo de Taxas ou Tarifas dos Serviços de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos”, desenvolvida por meio de uma cooperação técnica entre Brasil e a Alemanha, que consiste numa planilha onde o usuário preenche com dados financeiros, operacionais e dos usuários. Além desse suporte, a Fundação Nacional de Saúde (Funasa, 2020) elaborou o Manual de orientação específico para a regulação da cobrança pela prestação dos serviços de manejo de resíduos sólidos. Estes materiais foram considerados como adequados e pertinentes para dar o mínimo de suporte aos municípios que buscam implementar um sistema de cobrança.

Assim sendo, constata-se que, além do respaldo jurídico em relação à cobrança pelos serviços de limpeza e manejo de RSU, os municípios também têm acesso a materiais orientativos para a implementação desses sistemas de cobrança. Por isso, espera-se que os municípios mineiros passem a utilizar este instrumento, buscando garantir a sustentabilidade econômico-financeira dos municípios, o que pode ser intensificado com o aumento de venda dos materiais recicláveis e reduzindo as despesas ao integrar consórcios intermunicipais. A motivação dos municípios mineiros não terem implementado um sistema de cobrança pela prestação do serviço de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos é desconhecido, sendo, portanto, outra recomendação de trabalhos futuros.

No caso dos consórcios, a execução de cobrança pode ser até mais fácil se comparado com a implementação em um município isoladamente. Nos casos de prestação regionalizada, deve ser adotada a mesma estrutura de cobrança para todos os municípios que integram o consórcio, cujo valor a ser cobrado pode variar desde que justificado (Duarte, 2023). Por exemplo, os municípios integrantes de um mesmo consórcio hipotético podem compartilhar a frota da coleta seletiva e local

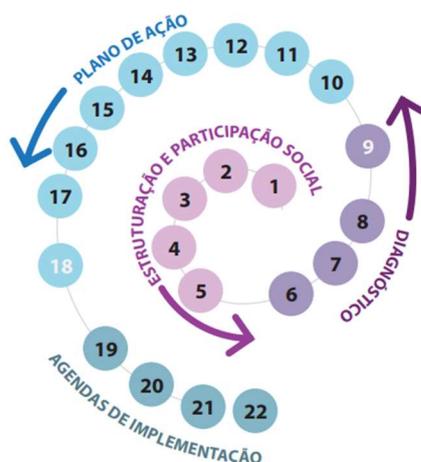
de disposição final, enquanto que a frota da coleta convencional (caminhão compactador) e a estação de transbordo podem ser individualizadas.

Ainda sob a perspectiva de gestão integrada, especificamente associando a cobrança e a coleta seletiva, Melo (2022) apresentou uma ferramenta de cobrança junto com o programa de “depósito-reembolso”, que visa ao pagamento de um crédito para o agente que destinar os resíduos recicláveis/reutilizáveis de forma adequada na região atendida pelo Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Região do Circuito das Águas - CISBRA. Ou seja, para cada quantidade de material entregue nos pontos de coleta, o cidadão receberá um crédito a ser abatido da própria taxa de limpeza no futuro.

Estas medidas e propostas com viés integrativo podem ser previstas nos Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, seja em escala municipal ou intermunicipal. Os planos devem incluir soluções operacionais e pontuais para a questão de resíduos sólidos (todas as classificações de acordo com a sua origem e periculosidade) que dialoguem com outras áreas de conhecimento em busca da interdisciplinaridade e que almejem a sustentabilidade em seus três pilares. Segundo Ministério do Meio Ambiente (Mma, 2012), o procedimento recomendado para elaboração de um plano de gestão integrada de RS resume-se a 22 etapas, como apresentado na Figura 58 e descrição no Quadro 13.

Este manual ainda fornece uma proposta dos itens para os planos e roteiros para a elaboração do plano de trabalho, incluindo uma sugestão de prazos para cada meta e etapa, resultando em um prazo total estimado para a elaboração de 20 meses. Deve ser esclarecido que os municípios de pequeno porte (população inferior a 20.000 habitantes) que optarem por não integrar consórcios intermunicipais, podem ter seu conteúdo simplificado. Como em Minas Gerais predomina-se municípios deste porte, a Semad publicou em 2022 o Termo de Referência para Subsidiar a Elaboração de Plano Municipal Simplificado de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) (Semad, 2022a). Segundo este termo, os planos simplificados “trata-se de um resumo executivo dos seguintes relatórios apresentados previamente: Diagnóstico; Prognóstico; Objetivos, Programas, Ações, Indicadores, Metas, Custos e Cobranças; e Responsabilidades e Especificações Técnicas” (Semad, 2022a, p. 20).

Figura 58: Metodologia proposta para elaboração de um plano de gestão integrada de resíduos sólidos.



Fonte: MMA (2012).

De modo geral, a proposição do MMA (2012) foi considerada como adequada, mas cabe ao município (ou conjunto de municípios no caso de consórcios intermunicipais) adaptar as ações de acordo com as particularidades locais. Ademais, a etapa “Planos de ação” deve considerar as metas e objetivos estabelecidas nas legislações superiores e nos acordos internacionais. Considerando a limitação identificada na pesquisa por parte dos gestores, recomenda-se a inclusão de um capítulo neste manual listando os documentos a serem consultados no estabelecimento das estratégias de ação.

Para a educação ambiental, também considerada como instrumento das políticas estadual nacional de RS, espera-se que funcione em conjunto com a disseminação de informação e que os governos e sociedades passem a desempenhar seus papéis em prol da qualidade ambiental e de uma GRSU eficiente. Este instrumento possui um caráter preventivo, obedecendo a hierarquia prevista na PNRS, e pode trazer resultados em diferentes etapas do manejo de RSU.

A aplicação de um programa de educação ambiental pode ter o objetivo de reduzir a geração, promover o consumo consciente, acondicionar e separar os diferentes tipos de resíduos de forma adequada, destinar os resíduos adequadamente, compreender o papel do cidadão como contribuinte e a importância e necessidade de se pagar as taxas/tarifas quando existentes, entre outros possíveis desdobramentos. Além disso, a disseminação desta consciência ambiental, seja no espectro amplo ou especificamente para resíduos sólidos, pode resultar em uma maior pressão popular sobre as prefeituras para que as mesmas cumpram com os

seus deveres, como a implementação de coleta seletiva e da logística reversa, a instalação de PEVs, a instalação de lixeiras para evitar o descarte inadequado, a erradicação dos lixões e a elaboração dos Planos de Gestão.

Quadro 13: Descrição das etapas metodológicas propostas pelo MMA para elaboração de Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

Etapas	Passo	Descrição
Estruturação e participação social	1	Reunião dos agentes públicos envolvidos e definição do Comitê Diretor
	2	Identificação das possibilidades e alternativas para o avanço em articulação regional com outros municípios
	3	Estruturação da agenda para a elaboração do plano
	4	Identificação dos agentes sociais, econômicos e políticos a serem envolvidos
	5	Estabelecimento das estratégias de mobilização dos agentes
	6	Elaboração do diagnóstico expedido e identificação das peculiaridades locais
Diagnóstico	7	Apresentação pública dos resultados e validação do diagnóstico com os órgãos públicos e com o conjunto dos agentes envolvidos no Grupo de Sustentação
	8	Envolvimento dos Conselhos Municipais na validação do diagnóstico
	9	Incorporação das contribuições e preparo de diagnóstico consolidado
	10	Definição das perspectivas iniciais do Plano, inclusive quanto à gestão associada com municípios vizinhos
Plano de ação	11	Identificação das ações necessárias para a superação de cada um dos problemas
	12	Definição de programas prioritários com base nas peculiaridades locais
	13	Definição dos agentes públicos e privados responsáveis pelas ações a serem inventariadas
	14	Definição das metas em um cenário de 20 anos
	15	Elaboração da primeira versão do Plano, identificando as possibilidades de compartilhar ações, instalações e custos por meio de consórcio
	16	Estabelecimento de um plano de divulgação desta primeira versão
	17	Apresentação pública dos resultados e validação do diagnóstico com os órgãos públicos e com o conjunto dos agentes envolvidos no Grupo de Sustentação
	18	Incorporação das contribuições e consolidação do Plano
Agendas de implementação	19	Discussões e tomada de decisões sobre a conversão ou não do Plano em lei municipal
	20	Divulgação ampla do plano consolidado
	21	Definição da agenda de continuidade do processo, de cada iniciativa, programa e a revisão obrigatória a cada 4 anos
	22	Monitoramento do Plano e avaliação de resultados

Fonte: Mma (2012).

A educação ambiental seria a forma de repassar conhecimentos mais técnicos da área, o que daria embasamento para a população participar de outras instâncias, tais como as audiências públicas e, conseqüentemente, interferir e defender os seus

reais interesses e com base científica. Por exemplo, a instalação de um aterro sanitário ou UTC normalmente não é bem aceita pela população do entorno, o que é conhecido como o fenômeno *NIMBY (Not in my backyard)*. Entretanto, se a população compreendesse que estas unidades são necessárias para evitar os diversos impactos ambientais provenientes de um manejo inadequado ou os custos para destinar para locais mais distantes implica (o que compromete uma fração significativa das despesas municipais e compromete a prestação de outros serviços públicos), a aceitabilidade poderia ser maior.

A investigação realizada permitiu identificar a existência de alguns programas de educação ambiental, mas que ainda são limitados e pontuais. A realização de palestras ou oficinas de forma esporádica e descontínua não resultará conforme o desejado. As administrações públicas precisam se afastar um pouco do seu papel de legislador e regulador para assumir um novo papel, estabelecendo mais comunicação e envolvimento com a população civil. Além disso, as campanhas de educação, permanentes, podem assumir diferentes formatos (cartazes, material digital, intervenções de rua, mensagens de voz, rádio, televisão, escolas, entre outros), cuja escolha do método irá depender da cultura, dos públicos e dos costumes locais. Por exemplo, em uma área rural com predominância de uma população mais velha, talvez o uso de ferramentas digitais não seja o mais adequado, assim como medidas mais lúdicas possam ser mais eficientes na rede de ensino infantil do que a simples distribuição de cartilhas.

Além de diversificar o meio, recomenda-se que estas estratégias sejam planejadas e executadas considerando uma continuidade mínima, de tal forma que o conceito seja reforçado constantemente e se converse com outros meios de educação ambiental selecionados no município. O Governo do Estado de Minas Gerais elaborou um material orientativo sobre a Educação Ambiental (Semad, 2020, p. 4), onde afirmam que a “EA precisa estar fundamentada em um processo estruturado, dinâmico e não pontual” e “não pode ser compreendida somente como ações educativas que abordem algum tema ambiental, e sim um processo complexo”.

A implantação da educação ambiental é um processo metódico e de acompanhamento contínuo que para resultados satisfatórios é constituído de quatro fases: Sensibilização, Mobilização, Informação e Ação (Czapski, 1998 apud

Semad, 2020). Para facilitar esse processo, é preciso definir três aspectos relacionados às atividades de educação ambiental: público-alvo, local e tipo de abordagem. Reforça-se que a estratégia e as ferramentas utilizadas dependerão do contexto local, pois assim, aumenta a probabilidade de os programas serem efetivos.

Além disso, menciona-se a necessidade de os poderes legislativo, judiciário e executivo atuarem de forma mais articulada e incisiva, tanto no caso específico da gestão de RS quanto em questões ambientais de forma mais ampla. Além da elaboração de instrumentos legais mais robustos, faz-se necessário um sistema de fiscalização para se fazer cumprir a Lei e um sistema que julgue devidamente os atos infratores. Dentre as irregularidades identificadas, menciona-se o não cumprimento dos prazos para a erradicação dos lixões, da elaboração dos planos, da implementação de coleta seletiva e do cadastro dos dados de saneamento nos sistemas de informações pertinentes, seja o SNIS ou SINIR.

Porém, foi constatado as sanções e punições existentes para o caso do não atendimento não são postas em prática. No máximo, o município não tem acesso ou não possui prioridade em ter acesso a recursos da União, o que, apesar de ser um possível estimulante para cumprir as leis, pode não ser suficiente por ter um caráter mais de recompensa. Ou seja, mesmo que os municípios queiram ter mais recursos financeiros, no pior cenário (não cumprir as leis) as gestões precisam administrar o município com os recursos que já eram previstos. No caso de se aplicarem formas de punição, o cenário atual poderia ser diferente.

Corroborando com esta discussão, Bezerra, Sonza e Ribeiro (2021) concluíram que, além da necessidade de revisar a Lei de crimes ambientais (n. 9.605/1998), com o objetivo de ajustá-la aos preceitos e diretrizes da PNRS, também é recomendado subsidiar e fortalecer a atuação do judiciário em suas intervenções. Assim, as administrações municipais se pautariam nos princípios constitucionais da administração pública, no cumprimento da legislação e da Constituição, assegurando um meio ambiente adequado para todos.

Novamente, reforça-se que o monitoramento das GRSU municipais é imprescindível, demandando por levantamento e registros de dados ambientais de qualidade e condizentes com a realidade. Além de ser necessário para cumprir as Leis (alimentação dos sistemas de informação), o monitoramento é crucial para se

atualizar os planos de gestão, elaborando novas estratégias de ação caso as adotadas não estejam surtindo efeitos positivos ou para priorizar outras questões quando já solucionado o problema. Assim, identifica-se como uma demanda a elaboração de materiais orientativos (assim como os de coleta seletiva, erradicação dos lixões e educação ambiental) para o levantamento e registro dos dados ambientais.

Por fim, o diagnóstico em conjunto com a verificação do cumprimento de políticas públicas retratou uma situação regular para o estado de Minas Gerais. Deve ser pontuado que as propostas realizadas não são as únicas soluções existentes e nem aplicáveis para todos os municípios mineiros. Essas medidas foram baseadas nos escores de eficiência da *DEA*, dados do SNIS e levantamento bibliográfico durante o doutoramento, devendo considerar as particularidades de cada local/região.

6. Conclusão

Os Panoramas elaborados pela SEMAD (Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais) em conjunto com os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) retratam uma situação insatisfatória para os municípios mineiros, chegando a ser alarmante para quase um terço dos municípios do estado, o que pode ser confirmado pelo grande número de lixões ainda existentes e pelo recurso recorrente aos aterros, desconsiderando as demais etapas de uma gestão adequada.

A Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis – DEA*), utilizou os dados do SNIS referente ao ano de 2021, que após a delimitação da área de estudo e seleção das variáveis (633 municípios e 12 variáveis) classificou 96 municípios como eficientes (modelo BCC – variável em escala – e orientado para entrada). Este resultado foi considerado como incoerente ao confrontar os escores de eficiência com os dados do SNIS, com os Panoramas de Minas Gerais (gerados pelo próprio Estado) e demais fontes bibliográficas.

A ferramenta *DEA* foi considerada como limitada para retratar a complexidade do sistema municipal de gestão de resíduos sólidos urbanos, pois constatou-se uma maior influência das informações referentes aos gastos com o serviço de manejo e a massa coletada. Além disso, o diagnóstico e a verificação do cumprimento das políticas públicas indicaram que, quando o município teve alguma iniciativa em prol de uma gestão integrada e sustentável, predominavam ações voltadas para coleta seletiva/reciclagem e erradicação dos lixões, não contando com diversos serviços essenciais para que um sistema de GRSU fosse, de fato, eficiente (por exemplo, varrição).

Ou seja, a eventual existência de programas de coleta seletiva, de logística reversa, de cooperativas de catadores de materiais recicláveis, de planos de gestão e a destinação ambientalmente adequada dos resíduos não foi considerada tão relevante quanto as despesas e massa coletada. Portanto, concluiu-se que a ferramenta por si pode ser bastante insuficiente ou indicar um retrato falso, demandando, portanto, um olhar crítico do gestor e/ou tomador de decisão, pois o sistema de GRSU é muito mais complexo e requer medidas que vão além dos dois parâmetros que mais influenciaram nos escores de eficiência.

No caso dos consórcios, os escores de eficiência não apontaram que a integração nesses arranjos de cooperação intermunicipal trouxe grandes benefícios aos municípios em relação, o que foi atribuído à implementação e operação dos consórcios mais limitada ao compartilhamento das unidades de destinação final dos resíduos. Portanto, reitera-se novamente que os consórcios também precisam investir nas outras etapas de manejo de RSU, uma vez que a qualidade da gestão municipal de RSU depende de diversos fatores simultaneamente, conforme apontado pela análise de correlação aplicada entre os escores de eficiência e as variáveis utilizadas na *DEA*.

A comparação entre os resultados da *DEA* e o Índice de Avaliação do Sistema de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (IRSU), indicou que há diferença entre os dois resultados, o que era esperado. Porém, como a qualidade do resultado da *DEA* foi considerada como limitada, o desafio de incorporar um maior número de variáveis de forma a retratar a complexidade do sistema permanece como uma dificuldade para os tomadores de decisão.

Além de não existir uma região mineira que se destaque pela qualidade das gestões municipais de RSU, o diagnóstico e verificação do atendimento da PNRS apontou um cenário defasado para os municípios mineiros. Considerando a idade das Leis, as influências do movimento ambientalista e discussões voltadas para os resíduos sólidos, Minas Gerais deveria retratar um cenário mais satisfatório, mas que, para isso, os governos locais terão um trabalho árduo e contam, teoricamente, com fomentos estadual e federal para que os municípios caminhem em direção à gestão integrada e sustentável de resíduos sólidos urbanos. O grande desafio jurídico não está em apenas reconhecer direitos – e garantir que haja condições financeiras para que eles sejam respeitados –, mas sim em efetivar aqueles que já foram reconhecidos, principalmente se tratando do meio ambiente, que necessita de representantes de todas as esferas da sociedade para ser devidamente respeitado.

7. Limitações da pesquisa

As principais limitações enfrentadas no desenvolvimento da pesquisa foram:

- Qualidade dos dados duvidosa;
- Falta de receptividade das administrações municipais e dos consórcios;
- Informações fornecidas erroneamente para o estabelecimento de contato com as prefeituras/consórcios (e-mails e telefones);
- Informações despadronizadas dos consórcios, limitando as discussões baseadas nos dados do SNIS, cuja qualidade já foi questionada;
- Não foi aprofundado a análise do modelo matemático da DEA, o que pode ter colaborado com os resultados considerados como incoerentes;
- Os resultados podem ter sido influenciados pela pandemia (Covid-19) e, portanto, retratar um caso atípico.

8. Recomendação de trabalhos futuros

- Investigar possíveis formas de preencher as lacunas existentes na série história do SNIS;
- Desenvolver métodos de verificação dos dados cadastrados no SNIS;
- Investigar as causas das divergências dos dados cadastrados entre as diferentes fontes;
- Testar diferentes formas de capacitação técnica (para o correto cadastro no SNIS) e de educação ambiental (para uma atuação mais ativa das diferentes esferas da sociedade no manejo de RSU);
- Investigar o atendimento do conteúdo mínimo previsto na PNRS pelos planos municipais de gestão de resíduos sólidos e sob que condições o mesmo está atualizado e revisado;
- Realizar a análise de eficiência a partir de dados primários e com uma amostra menor;
- Investigar os desdobramentos das iniciativas (públicas, privadas ou público-privadas) que contribuem com a GRSU

- investigar as (des)motivação das administrações locais em integrar consórcios intermunicipais de gestão de resíduos sólidos e implementar um sistema de cobrança pela prestação do serviço de manejo.

9. Referências Bibliográficas

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004**. Segunda edição. Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro – RJ, 2004, 71 p.
- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Roteiro para Encerramento dos Lixões**. São Paulo - SP, 2018.
- ADLER, N.; FRIEDMAN, L.; SINUANY-STERN, Z. Review of ranking methods in the data envelopment analysis context. **European Journal of Operational Research**, v. 140, pp. 249-265, 2002. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00068-1](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00068-1).
- ALLERS, M. A.; GREEF, J. A. de. Intermunicipal cooperation, public spending, and service levels. **Local Government Studies**, v. 44, n. 1, pp. 127-150, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/03003930.2017.1380630>.
- ALZAMORRA, B. R.; BARROS, R. T. de V. Analysis, and financial sustainability of municipal solid waste management in Belo Horizonte (Brazil). **International Journal of Environment and Waste Management**, v. 31, n. 3, pp. 399-412, 2023.
- AMMECIMME - Consórcio Intermunicipal Multifinalitário do Médio Espinhaço. Disponível em: <https://www.ammecimme.org.br/>. Acesso em: outubro de 2023.
- ANCAT - Associação Nacional de Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis. **Atlas brasileiro da reciclagem** [livro eletrônico] / coordenação Francisco de Paula Antunes Lima ... [et al.] [editores Francisco de Paula Antunes Lima, Jaqueline E. Rutkowski]. -- 1. ed. -- São Paulo: Associação Nacional dos Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis - ANCAT, 2022.
- ANDRADE, A. E. F; SANTOS, K. M. dos; NOUR, É. A. A.; SARMENTO, N. F. Análise Comparativa de dados nominais e numéricos do sistema nacional de informações sobre saneamento (SNIS). In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL. Vitória (ES). **Anais [...]**. Bauru: IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e de Saneamento, 2020. Trabalho IX-004. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/congresso11.htm>. Acesso em: fevereiro de 2022.
- ARAÚJO, L. P. de S. **Análise da eficiência técnica da prestação dos serviços de coleta de resíduos sólidos urbanos nos municípios paraibanos**. 2017. 82 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.
- ARRUDA, A. C. R.; MOTTA, C. S. D.; BONACIM, C. A. G.; SALGADO JUNIOR, A. P. Eficiência do serviço de coleta e processamento de resíduos sólidos: aplicação da análise envoltória de dados (DEA) em municípios brasileiros. **Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal**, v. 10, n. 1, p. 143-161, 2013.
- BABA, H.; ASAMI, Y. Estimating the minimal efficient scale and the effect of intermunicipal cooperation on service provision areas for waste treatment in Japan Asia-Pacific. **Journal of Regional Science**, v. 4, pp. 139–158, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1007/s41685-019-00119-6>.
- BANKER, R. D., CHARNES, A. e COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. **Management Science**. v. 30, n. 9, pp. 1078-1092, 1984. Doi: <http://www.jstor.org/stable/2631725>.
- BANKER, R.D.; MOREY, E.C. The use of categorical variables in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 32, n. 12, pp. 1613-1627, 1986.
- BARBOSA, R. de P; BASTOS, A. P. B. Utilização da análise por envoltória de dados (DEA) na mensuração da eficiência das prestadoras de serviços de água e esgotamento sanitário: um enfoque no desempenho da companhia de saneamento do estado do Pará (COSANPA). **Revista Economia & Gestão**, v. 14, n. 35, pp. 151-181, 2014.
- BARROS, R. T. V.; SILVEIRA, Á. V. F. Uso de indicadores de sustentabilidade para avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Belo Horizonte. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 411-423, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019177499>.
- BATISTA, M.; CAIADO, R. G. G.; QUELHAS, O. L. G.; LIMA, G. B. A.; LEAL FILHO, W.; YPARRAGUIRRE, I. T. R. Framework for sustainable and integrated municipal solid waste management: Barriers and critical factors to developing countries. **Journal of Cleaner Production**, v. 312, 127516, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127516>.
- BENICIO, J.; MELLO, J. C. S. de. Productivity analysis and variable returns of scale: DEA efficiency frontier interpretation. **Procedia Computer Science** v. 55, p. 341–349, 2015.

BENÍTEZ, R.; COLL-SERRANO, V.; BOLÓS, V.J. deaR-shiny: an interactive web app for data envelopment analysis. *Sustainability*, v. 13, n. 12, p. 6774, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13126774>.

BERMUDEZ, J. F.; MONTOYA-RUIZ, A. M.; SALDARRIAGA, J. F. Assessment of the current situation of informal recyclers and recycling: Case Study Bogotá. *Sustainability*, v. 11, n. 22, p. 6342, 2019. Doi: <https://doi.org/10.3390/su11226342>.

BEZERRA, A. M.; SONZA, I. B.; RIBEIRO, R. P. Análise envoltória de dados: modelos clássicos e uma aplicação à finanças. *Revista Interdisciplinar Encontro das Ciências - RIEC Icó-Ceará*, v. 4, n.3, p. 307 – 324, 2021.

BITTELBRUNN, F.; BRINCKMANN, R.; ANDRETT, M. C. da S.; PFITSCHER, E. D. Estudo da eficiência dos gastos com saneamento básico dos estados brasileiros e DF entre 2012 a 2014 por meio de Análise Envoltória de Dados. In: XXIII Congresso Brasileiro de Custos. *Anais...* Porto de Galinhas (PE), 2016.

BORBA, É. L.; OLIVEIRA, D. R. de. Os consórcios intermunicipais: entre barreiras e potencialidades. *Revista do Direito Público*, Londrina, v. 15, n. 2, p. 135-154, 2020. Doi: <https://10.5433/24157-108104-1.2020v15n2>.

BOUSSOFIANE, A., DYSON, R. G. e THANASSOULIS, E. Applied data envelopment analysis. *European journal of operational research*. v. 52, p. 1-15. 1991.

BRASIL. Decreto nº 7.405, de 23 de dezembro de 2010. Institui o Programa Pró-Catador, denomina comitê interministerial para inclusão social e econômica dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis o comitê interministerial da inclusão social de catadores de lixo criado pelo decreto de 11 de setembro de 2003, dispõe sobre sua organização e funcionamento, e dá outras providências. Brasília, DF, 23 dez 2010a.

BRASIL. Instrução normativa nº 22, de 3 de agosto de 2018. Regulamenta, no âmbito do Ministério do Desenvolvimento Regional, o Processo Seletivo para contratação de operações de crédito para a execução de ações de saneamento - Mutuários Públicos. Brasília, DF, 2018a.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 [Lei Nacional de Saneamento Básico]. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF, 2007.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010 [Política Nacional de Resíduos Sólidos]. Institui a política nacional de resíduos sólidos, altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, DF, 2010b.

BRASIL. LEI nº 12.690, de 19 de julho de 2012. Dispõe sobre a organização e o funcionamento das Cooperativas de Trabalho. Brasília, DF, 2012.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasília, DF, 2020.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Projeto Acertar: Relatório Técnico Contendo o Guia de Auditoria e Certificação das Informações do SNIS**. Brasília, DF, 2018b.

CAMOLEZI, J. Z.; MORAES, C. S. B.; PINTO, W. L. H.; MARTIRES, M. B. M. (2021). Diagnóstico sobre as dificuldades e boas práticas existentes para a implementação e gerenciamento da lei 12305/10 - Política Nacional de Resíduos Sólidos, através da análise de indicadores de sustentabilidade. In: 31º CONGRESSO DA ABES, Curitiba, PR. *Anais...* Rio de Janeiro: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Trabalho 1127. Disponível em: <https://icongresso.abes-dn.itarget.com.br/anais/index/index/cc/9>. Acesso em: junho de 2023.

CARVALHO, M. V. **Análise econômica das opções de biometanização, compostagem e reciclagem para tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil**. 2021. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2021.

CASTRO, C. E. T. de. **Avaliação da eficiência gerencial de empresas de água e esgotos brasileiras por meio da envoltória de dados (DEA)**. 2003. 95 f. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção). PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2003.

CASTRO, R. S. de; OLIVEIRA, L. A. D.; CÁCERES, P. S. e NOBRE JÚNIOR, A. de A. Auditoria e certificação de informações: Estudo piloto de aplicação da metodologia do projeto Acertar. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE REGULAÇÃO E 5ª EXPO ABAR. *Anais...* Maceió, 2019.

CEPAGRO – Centro de Estudos e Promoção da Agricultura de Grupo. **O passo-a-passo de uma revolução - compostagem e agricultura urbana na gestão comunitária de resíduos orgânicos**. Florianópolis, 2016. Disponível em: <https://cepagro.org.br/wp-content/uploads/2023/05/Cartilha-Passo-a-Passo-de-uma-Revolucao.pdf>. Acesso em: outubro de 2023.

CÉSAR, P. S. M. **Consórcios Públicos interfederativos em Minas Gerais: Arranjos Intermunicipais para a Gestão Regional Associada de Políticas Públicas**. 2017. 173 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública). Escola de Governo Paulo Neves de Carvalho, Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 2017.

CETRULO, T. B., et al. Effectiveness of solid waste policies in developing countries: A case study of Brazil. **Journal of Cleaner production**, v. 205, p. 179-187, 2018.

CGU – Controladoria Geral da União. **Relatório de avaliação - Secretaria Nacional de Saneamento 2021**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://eaud.cgu.gov.br/relatorios/download/1088725>. Acesso em: dezembro de 2023.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, M E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(78\)90138-8](https://doi.org/10.1016/0377-2217(78)90138-8).

CHAVES, L. D. de, SANTOS JÚNIOR, J. L. dos, ROCHA, S. M. S. The challenges for solid waste management in accordance with Agenda 21: a Brazilian case review. **Waste Management & Research**, v. 32 (9 suppl), p. 19-31, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1177/0734242X14541987>.

CHEN, D. M.; BODIRSKY, B. L.; KRUEGER, T.; MISHRA, A.; POPP, A. The world's growing municipal solid waste: trends and impacts. **Environmental Research Letters**, v. 15, 074021, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8659>.

CIDASSP. [Sem título]. São Sebastião do Paraíso. Instagram: @cidassp9. Disponível em: <https://www.instagram.com/cidassp9/>. Acesso em novembro de 2023.

CIGEDAS - Consórcio Intermunicipal de Gestão e Desenvolvimento Ambiental Sustentável das Vertentes. Disponível em: <https://cigedas.mg.gov.br/>. Acesso em: outubro de 2023.

CIISC - Comitê Interministerial de Inclusão Social dos Catadores de Materiais Recicláveis. Coleta Seletiva Solidária – Cidadania, Oportunidade de Renda e Inclusão Social. (2008). Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-cosus/documentos-relacionados/cartilha_coleta-nov-2008.pdf. Acesso em novembro de 2023.

CISAB SUL – Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico do Sul de Minas. Protocolo de intenções do Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico do Sul de Minas. Junho de 2013. Disponível em: https://ecrie.com.br/sistema/conteudos/arquivo/a_162_0_1_13042023100522.pdf. Acesso em setembro de 2023.

CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso Futuro Comum**. Rio de Janeiro: Ed. Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CNMP – Conselho Nacional do Ministério Público. **Guia de atuação ministerial: encerramento dos lixões e Inclusão social e produtiva de catadoras e catadores de materiais recicláveis**. Brasília: CNMP, 2014.

COLL-SERRANO, V.; BENÍTEZ, R.; BOLÓS, V.J. Tutorial Data Envelopment Analysis with dear. Universidade de Valencia (Espanha). 2018. Disponível em: https://www.uv.es/dearshiny/Tutoriales_dear/Tutorial_dear_english.pdf. Acesso em: maio de 2022.

CONCEIÇÃO DO MATO DENTRO. Aspectos Econômicos. Disponível em: <https://www.cmd.mg.gov.br/aspectos-economicos>. Acesso em setembro de 2023.

CONDURÚ, M. T.; PEREIRA, J. A. R.; NYLANDER, J. D. A.; NATIVIDADE, R. C. da. Sistema de Informação de Saneamento Básico no Brasil: Do SNIS ao SINISA. In: SANT'ANA, D. (org) **Evolução do conhecimento científico na engenharia ambiental e sanitária**. Atena, 2020.

CONVALE – Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Regional. **Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Estruturação do Sistema de gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU)**. Janeiro de 2020.

COOK, W, D.; TONE, K.; ZHU, J. Data envelopment analysis: Prior to choosing a model. **Omega**, v. 44, p. 1–4, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2013.09.004>.

COOPER, W. W., SEIFORD, L. M. e ZHU, J (ed.) **Handbook on data envelopment analysis**. Springer, Boston, MA, 2011.

COSTA, S. A. B. Auditoria e certificação das informações do Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS): Um caminho necessário para a melhoria da qualidade da regulação e da gestão no setor de saneamento. In: IX Congresso Brasileiro de Regulação – 3ª Expo ABAR. Brasília – DF, 2015.

CPGI – Consórcio Público para Gestão Integrada. Disponível em: <https://consorciopublicointegrado.com.br/>. Acesso em setembro de 2023.

CSEH, A.; CARVALHO, I. R. B. de.; VALLIN, I. de C.; GONÇALVES-DIAS, S. A coleta seletiva no município de São Paulo. In: GONÇALVES-DIAS, S.; ZIGLIO, L.; CSEH, A. (org). **Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos – Experiências internacionais e nacionais**. São Paulo: Blucher, 218 p, 2022.

DAMASCENA, U. F.; SANTOS, L. F. dos; OLIVEIRA, L. G. T. de. Ergonomia do Trabalho: proposta de posto de trabalho para o setor de triagem da cooperativa de catadores de materiais recicláveis. In: V Simpósio de Engenharia de Produção – SIMEP. Joinville (SC) Anais [...]. UDESC/UNIVILLE. 2017. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/5simep/>. Acesso em: janeiro de 2024.

DAS, S.; LEE, S. H.; KUMAR, P.; KIM, K. H.; LEE, S. S.; BHATTACHARYA, S. S. (2019). Solid waste management: Scope and the challenge of sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 228, p. 658-678. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.323>.

DEMLURB - Departamento Municipal de Limpeza Urbana. Ponto de entrega. Disponível em: https://demlurb.pjf.mg.gov.br/demlurb_informa.php#ASSOCIACOES. Acesso em: setembro de 2023.

DEUS, R. M.; BEZERRA, B.S.; BATTISTELLE, R.A.G. Solid waste indicators and their implications for management practice. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 16, p. 1129-1144, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1007/s13762-018-2163-3>.

DIAS, N.; CARVALHO, M. T.; LIMONS, R. Challenges in the Deactivation of More Than 2000 Open Dumping Sites in Brazil. In: **Proceedings...** Sardinia 2013, Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium S. Margherita di Pula, Cagliari, Itália, 2013.

DUARTE, P. A. Potencialidades e desafios dos consórcios intermunicipais de resíduos sólidos. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, Brasília, n. 29, p. 69-83, 2023. Doi: <http://dx.doi.org/10.38116/brua29art6>.

ECOTRES. Ecotres Consórcio Público. Disponível em: <https://www.ecotres.com.br/>. Acesso em outubro de 2023.

ENCINAS, R. **Avaliação de políticas públicas: eficiência das universidades federais e identificação de benchmarks por meio de análise envoltória de dados**. 2019. 166 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Governança Pública). Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPr, Curitiba, 2019.

EQUATORIAL ENERGIA. E+ Reciclagem. Disponível em: <https://ma.equatorialenergia.com.br/informacoes-gerais/responsabilidade-social/plataforma-emais/e-reciclagem/>. Acesso em: novembro de 2023.

ESTAÇÃO CIRCULAR. Como funciona. Disponível em: <https://www.estacaocircular.com.br/>. Acesso em: novembro de 2023.

EVANS, L. Abertura oficial da Semana do Meio Ambiente tem repasse de cerca de R\$ 100 milhões a municípios para gestão de resíduos. **Semad**. 06 de junho de 2022. Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/5209-abertura-oficial-da-semana-do-meio-ambiente-tem-repasse-de-cerca-rdollar-100-milhoes-a-municipios-para-tratamento-de-residuos-solidos-e-encerramento-de-lixoes>. Acesso em: outubro de 2023.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. Contexto e Desenvolvimento do PMSL. Disponível em: <http://www.feam.br/component/content/article/15/2008-contexto-e-desenvolvimento-do-pmsl>. Última atualização 08 de Julho de 2021. Acesso em: dezembro de 2023.

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Diagnóstico de consórcios intermunicipais para a gestão de resíduos sólidos Urbanos em Minas**. Belo Horizonte, 2014.

FERNANDES, A. S. A.; PINHEIRO, L. S.; NASCIMENTO, A. B. F. M. do; GRIN, E. J. Uma análise dos consórcios intermunicipais para serviços de tratamento de resíduos sólidos a partir da ação coletiva institucional. **Revista De Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 54, n. 3, p. 501-523, maio - jun. 2020. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0034-761220190237>.

FERREIRA, C. F. A.; JUCÁ J. F. T. Metodologia para avaliação dos consórcios de resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 513-521, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017147551>.

FERREIRA, C. F. A.; LANGE, L. C.; LIMA, T. C.; MACEDO, L. A. R. Ferramenta para avaliação de estudo de viabilidade técnica, econômica e ambiental para concessão de serviços de gestão de resíduos sólidos urbanos. **Eng. Sanit, Ambient.**, v. 27, n. 6, p. 1189-1197, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220210238>.

FRANCO, R. G.; RIBEIRO, J. C. J. Programa bolsa reciclagem: impactos na política de coleta seletiva do estado de Minas Gerais. **Revista de Direito, Economia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 1, p. 94 – 128, 2022.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Manual de orientação: Regulação da cobrança pela prestação dos serviços de manejo de resíduos sólidos** – Brasília: Funasa, 2020.

GAGLIARDI, S. F.; FERREIRA, J. B.; SOLON, A. S.; FRASCATI, G. Logística Reversa: uma análise dos indicadores de sustentabilidade das organizações de recicladores de Uberlândia-MG. **Revista ADMPG**, 13, 2023. Doi: <https://doi.org/10.5212/Admpg.v.13.21164.004>.

GALLARDO, A.; CARLOS, M.; PERIS, M.; COLOMER, F. J. Methodology to design a municipal solid waste pre-collection system. A case study. **Waste Management**, v. 36, p. 1-11, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.11.008>.

GALVÃO, N.; ALVES, I. R. F. S.; BASSIN, J. P. Municipal solid waste management in Brazil: overview and trade-offs between different treatment technologies. In: Singh et al. (ed). **Waste Management and Resource Recycling in the Developing World**, Elsevier, 2023, Pages 755-772, ISBN 9780323904636, Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90463-6.00031-2>.

GOLANY, B; ROLL, Y. An application procedure for DEA. **Omega**, v. 17, n. 3, p 237-250, 1989. DOI: [https://doi.org/10.1016/0305-0483\(89\)90029-7](https://doi.org/10.1016/0305-0483(89)90029-7).

GREGÓRIO, C. M.; SANTOS, A. P. S. dos; PEREIRA, F. B.; SILVA, É. R. da. Análise sobre a gestão pública dos resíduos sólidos em Minas Gerais. **Revista de Comunicação Dialógica**. n. 9, ano 5, 2023. Doi: <https://doi.org/10.12957/red.2023.74362>.

HALKOS, G., PETROU, K.N. Assessing 28 EU member states' environmental efficiency in national waste generation with DEA. **Journal of Cleaner Production**, v. 208, p. 509-521, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.145>.

HERNÁNDEZ-SANCHO, F.; SALA-GARRIDO, R. Technical efficiency and cost analysis in wastewater treatment processes: A DEA approach. **Desalination**, v. 249, n. 1, p. 230-234, 2009. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2009.01.029>.

HIDALGO-CRESPO, J.; AMAYA-RIVAS, J. L.; RIBEIRO, I.; SOTO, M.; RIEL, A.; ZWOLINSKI, P. Informal waste pickers in Guarapuá: Recycling rates, environmental benefits, main barriers, and troubles. **Heliyon**. v. 9, e19775, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19775>.

HORA, A. L. B. da; SHIMODA, E.; HORA, H. R. M. da; COSTA, H. G. Análise da eficiência dos serviços de saneamento básico nos municípios do estado do Rio de Janeiro. **Revista eletrônica de pesquisa operacional para o desenvolvimento**, v. 7, n.1, p. 55-81, 2015. Recuperado de <https://podesenvolvimento.org.br/podesenvolvimento/article/view/342>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. IBGE Cidades. Disponível em: <http://cidades.ibge.go.br/>. Acesso em: agosto de 2023a.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico – 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: julho de 2023b.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg.html>, Acesso em: dezembro de 2023c.

INSTITUTO CIDADES SUSTENTÁVEIS. Boas Práticas. Disponível em: <https://www.cidadessustentaveis.org.br/boas-praticas/1201>. Acesso em: dezembro de 2023.

IYAMU, H. O.; ANDA, M.; GO, G. A review of municipal solid waste management in the BRIC and high-income countries: A thematic framework for low-income countries. **Habitat International**, v. 95, 102097, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.102097>.

JUIZ DE FORA. PJF e associações de catadores lançam ação semanal para recolhimento de materiais recicláveis. Publicado em 2/5/2023 às 10:14. Disponível em: <https://www.pjf.mg.gov.br/noticias/view.php?modo=link2&idnoticia2=79480>. Acesso em setembro de 2023.

JUIZ DE FORA. Secretaria de Planejamento Urbano – SEPUR. Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos de JF. Disponível em: https://www.pjf.mg.gov.br/secretarias/sepur/planos_programas/pmgirs/index.php. Acesso em: setembro de 2023b.

KAZA, S.; SHRIKANTH, S. e CHAUDHARY, S. **More Growth, Less Garbage**. Urban Development Series. World Bank, Washington, DC, 2021. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35998>.

KAZA, S.; YAO, L. C.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. Urban Development; Washington, 2018. DC: World Bank. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>.

KIM, V. J. H., DORNELA, N. M. de O., FARIA, B. P. Z., PAULA, E. C. de. Análise da viabilidade econômica preliminar para aproveitamento energético a partir do biogás de aterro sanitário: Um estudo de caso de São Carlos (SP) e Paracatu (MG). In: 14º Seminário Nacional de Resíduos Sólidos - I Painel Internacional de Resíduos Sólidos. **Anais...** Evento online. ABES, 2021.

KIM, V. J. H.; FRANÇA, S. A. de S.; BARROS, R. T. de V. Data envelopment analysis applied to solid waste management in the 21st century: a bibliometric analysis. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, Desarrollo y Práctica**, v. 16, n. 2, p. 711–729, 2023. Doi: <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2023.16.2.84890>.

KOJIMA, M. Regional Waste Management in Asia. In: Kojima, M. (ed.) **Regional Waste Management – Inter-municipal Cooperation and Public and Private Partnership**. ERIA Research Project Report FY2020 no. 12, Jakarta: ERIA, pp.61-82, 2020.

KRISTANTO, G. A.; KEMALA, D.; NANDHITA, P. A. C. Challenges confronting waste pickers in Indonesia: Na on-field analysis. **Waste Management & Research**. v. 40, n. 9, p. 1381-1389, 2022. Doi: [10.1177/0734242X211029181](https://doi.org/10.1177/0734242X211029181).

KRUPP, R.; SILVA, R.M.; VIEIRA, G.B.B. A logística reversa de pós-consumo: um estudo de caso na cooperativa COOTRE de Esteio - RS. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 6, n. 1, jan-abr. 2017. Doi: <https://doi.org/10.5585/geas.v6i1.455>.

KUMAR, S., SINGH, S., BANERJEE, S. Solid Waste Management in Developing countries. **Journal of critical reviews**, v.7, n. 10, 2020.

KUMARI, T.; RAGHUBANSHI, A. S. Waste management practices in the developing nations: challenges and opportunities. In: Singh et al. (ed). **Waste Management and Resource Recycling in the Developing World**, Elsevier, 2023, Pages 773-797, ISBN 9780323904636, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90463-6.00031-2>.

KUMEGAWA, L. S.; VASCONCELOS, M. C.; SILVA, C. L. da. Consórcio intermunicipal de resíduos sólidos urbanos de Curitiba: Uma análise de eficiência. In: 8º Fórum Internacional de Resíduos Sólidos. **Anais...** Curitiba: Instituto Venturi, 2017.

LAMERA, J. A.; FIGUEIREDO, A. M, R.; ZAVALA, A. Z. Análise Envolvória de Dados no Estudo da Eficiência em Assentamentos Rurais no Estado de Mato Grosso. In: XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. **Anais...** Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco – Acre, 20 a 23 de julho de 2008. Doi: <https://doi.org/10.22004/ag.econ.108137>.

LIMA, F. de P. A.; GONÇALVES, J. T.; CAMPOS, L. S.; SILVA, D. T. A. da; SOUZA, M. A. de. Elementos operacionais de modelos de coleta seletiva. In: GONÇALVES-DIAS, S.; ZIGLIO, L.; CSEH, A. (org). **Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos – Experiências internacionais e nacionais**. São Paulo: Blucher, 218 p, 2022.

LINO, F. A.; ISMAIL, K. A.; CASTAÑEDA-AYARZA, J. A. Municipal solid waste treatment in Brazil: A comprehensive review. **Energy Nexus**, v. 11, 100232, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100232>.

LOZANO, S.; VILLA, G. Centralized DEA models with the possibility of downsizing. **Journal of the Operational Research Society**, 56, 4, 357-364, 2005. Doi: <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601838>.

MAALOUF, A.; MAVROPOULOS, A. Re-assessing global municipal solid waste Generation. **Waste Management & Research**, v. 41, n. 4, p. 936-947, 2023. Doi: <https://doi.org/10.1177/0734242X221074116>.

MACEDO, L. A. R., LANGE, L. C. Avaliação dos consórcios intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos urbanos nos Arranjos Territoriais Ótimos em Minas Gerais. In: XIV SIBESA – Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais [...]**. Foz do Iguaçu – PR. Abes. 2018.

MACEDO, L. A. R.; LANGE, L. C.; FERREIRA, C. F. A. Gestão regionalizada dos resíduos sólidos urbanos: uma análise dos consórcios públicos intermunicipais no Brasil. In: SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO, 19, **Anais [...]**. Recife, 2021.

MAIELLO, A.; BRITTO, A. L. N. de P.; VALLE, T. F. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista de Administração Pública**. Rio de Janeiro. v. 52, n. 1, p. 24-51, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-7612155117>.

MANCINI, S. D. *et al.* Circular Economy and Solid Waste Management: Challenges and Opportunities in Brazil. **Circular Economy and Sustainability**, v. 1, p. 261–282, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00031-2>.

MARQUES, R.C., SIMÕES, P. Incentive regulation and performance measurement of the Portuguese solid waste management services. **Waste Management & Research**, v. 27, n. 2, p. 188-196, 2009. Doi: <https://doi.org/10.1177/0734242X08095025>.

MARTINS, I. M.; CARVALHO JÚNIOR F. H. de; GALVÃO JÚNIOR A. de C. Averiguação e analogia das ferramentas constantes nas políticas estaduais e nacional dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **REVISTA AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, v. 15, n. 2, p. 701-713, 2022. Doi: <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2022.15.2.79287>.

MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional. **Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - Visão Geral**. Brasília, dezembro de 2022. Disponível em: <http://antigo.snis.gov.br/diagnostico-anual-residuos-solidos>. Acesso em: dezembro de 2023.

MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional. **Diagnóstico Temático Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – Visão Geral – Ano Referência 2020**. Brasília, dezembro de 2021a.

MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional. **Roteiro para a Sustentabilidade do Serviço Público no Manejo de RSU**. Brasília – DF, 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/protegeer/roteiro-para-a-sustentabilidade-do-200bservico-publico-de-manejo-de-rsu/RoteiroparaaSustentabilidadedoServioPblicodeManejodeRSU.pdf/view>. Acesso em: novembro de 2023.

MEDINA, M. Waste pickers cooperatives in developing countries. In: CHEN, M.; JHABVALA, R.; KANBUR, R.; RICHARDS, C. (eds). **Membership Based Organizations of the Poor**. New York: Routledge. 2007.

MELO, V. P. de. Taxa sobre resíduos sólidos domiciliares – TRSD/Ambiental. **Cadernos**, v. 1, n. 8, p. 53-73, 2022. Disponível em: <https://www.tce.sp.gov.br/epcp/cadernos/index.php/CM/article/view/177>. Acesso em: 24 dez. 2023.

MENDES, D. B.; VIANA, T. G.; RIBEIRO, A. C.; ROCHA, E. A. Processos e desafios para implantação da coleta seletiva no município de Itabuna. **Conjecturas**, v. 22, n. 18, p. 557-570, 2022. Doi: <https://doi.org/10.53660/CONJ-585-2W29>.

MERLOTO, M. C. **Análise de políticas públicas e orçamentárias voltadas ao manejo de resíduos sólidos em município de pequeno porte**. 2021. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Sorocaba, 2021.

MINAS GERAIS. Decreto nº 45.181, de 25 de setembro de 2009. Regulamenta a Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009, e dá outras providências. Belo Horizonte, MG, 26 set 2009a.

MINAS GERAIS. Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009. Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos de Minas Gerais. Dispõe sobre a política estadual de resíduos sólidos do estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, MG, 12 jan. 2009b.

MINAS GERAIS. Lei nº 19.823, de 22 de novembro de 2011. Dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro a catadores de materiais recicláveis – Bolsa Reciclagem. Palácio Tiradentes, Belo Horizonte, 2011.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. Ferramentas para gestão de RSU. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/protegeer-antigo/ferramentas-para-gestao-de-rsu>. Acesso em: novembro de 2023.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. ICLEI – Brasil. **Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação**. Brasília, 2012. ISBN: 978-85-99093-21-4.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Planos Estaduais de Resíduos Sólidos. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/item/10611-planos-estaduais.html>. Acessado em: dezembro de 2023a.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos - Planares** [recurso eletrônico] / coordenação de André Luiz Felisberto França... [et al.]. – Brasília, DF: MMA, 2022a. 209 p.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental. **Roteiro para Constituição de Consórcio Intermunicipal** [recurso eletrônico] / coordenação de André Luiz Felisberto França... [et al.]. – Brasília, DF: MMA, 2022b.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Sinir permite que todos acompanhem de perto a gestão de resíduos sólidos no Brasil. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/mmanoforum/item/15721-sinir-permite-que-todos-acompanhem-de-perto-a-gest%C3%A3o-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos-no-brasil.html>. Acesso em: julho de 2021.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Sobre o SINIR. Disponível em: <https://sinir.gov.br/informacoes/sobre/>. Acesso em: dezembro de 2023b.

MUKHERJI, S. B., SEKIYAMA, M., MINO, T. e CHATURVEDI, B. Residente knowledge and willingness to engage in waste management in Delhi, India. **Sustainability**. v. 8, n. 10, p. 1065, 2016. Doi: <https://doi.org/10.3390/su8101065>.

NANDA, S.; BERRUTI, F. Municipal solid waste management and landfilling technologies: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 19, p. 1433–1456, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01100-y>.

NASCIMENTO, E. C.; RODRIGUES, A. F.; NEDER, C. V. G.; ANDRADE, F. R. de. O consórcio intermunicipal entre as soluções de disposição de resíduos sólidos urbanos: um estudo econômico aplicado no sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 9, n. 21, p. 497-508, 2022. ISSN 2359-1412 Doi: [https://doi.org/10.21438/rbgas\(2022\)092132](https://doi.org/10.21438/rbgas(2022)092132).

OLAY-ROMERO, E. *et al.* Technical indicators to improve municipal solid waste management in developing countries: A case in Mexico. **Waste Management**, v. 107, p. 201-210, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.039>.

OLIVEIRA, Y. A. de; MACHADO, D. B. P. Invisibilidade social e espacial em aterro metropolitano. O caso de Jardim Gramacho (RJ), Brasil. **Bitácora Urbano Territorial**, v. 32, n. 1, p. 163-176, 2022. Doi: <https://doi.org/10.15446/bitacora.v32n1.87530>.

PARK, S.; LAH, T. J. Analyzing the success of the volume-based waste fee system in South Korea. **Waste Management**, v. 43, p. 533-538, 2015. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.06.011>.

PEREIRA, E. A. M. **O papel das agências reguladoras na concretização das políticas nacionais de resíduos sólidos**: um estudo de caso da Agência Reguladora Intermunicipal de Saneamento de Minas Gerais – ARISSMIG. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2022.

PEREIRA, M. DE P.; SOUZA, K. S. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS): Avanços ambientais e viés social nos municípios de pequeno porte. **Ciências Sociais Aplicadas em Revista**, UNIOESTE/MCR, v. 17, n. 32, p. 189-210, 2017.

PEREIRA, S. V.; PASSOS, T. H. M. da S.; SILVA, H. S. da; PEREIRA, G. S.; MARTINS, H. M. A política nacional de resíduos sólidos e os desafios sociais na extinção dos lixões: O caso de Jardim Gramacho – RJ. In: 3º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade – ConReSol. **Anais...** Gramado (RS): Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais – IBEAS, 2020.

PETRIDIS, K.; DEY, P. K. Measuring incineration plants' performance using combined data envelopment analysis, goal programming and mixed integer linear programming. **Ann Oper Res**, v. 267, p. 467–491, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2809-z>.

PEYRACHE, A.; ROSE, C.; SICILIA, G. Variable selection in Data Envelopment Analysis. **European Journal of Operational Research**, v. 282, n. 2, p. 644-659, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.09.028>.

PORTUGAL, M. das G.; NASCIMENTO, L. C. do; FERREIRA, T. A. A.; SANTOS, B. R. dos. Gestão de resíduos sólidos no município de Alfenas (MG). **Revista brasileira de educação ambiental - Revbea**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 365-383, 2023. Doi: <https://doi.org/10.34024/revbea.2023.v18.14428>.

PÚBLIO, A. R. **Desempenho ambiental da coleta seletiva informal na cidade de Uberlândia - MG**. 2020. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

PUJARA, Y., PATHAK, P., SHARMA, A. e GOVANI J. Review on Indian Municipal Solid Waste Management practices for reductions of environmental impacts to achieve sustainable development goals. **Journal of environmental Management**. v. 248, 109238, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.07.009>.

RANIERO, M.; MINCATO, R.L. Resíduos sólidos e coleta seletiva: um estudo de caso no município de Alfenas-MG. In: SALES, R. E. da S. (org.) **A educação ambiental em uma perspectiva Interdisciplinar**. Guarujá, SP: Científica Digital, 2020. p. 344-364.

REIS, D.; FRIEDE, R.; LOPES, F. H. P. Política nacional de resíduos sólidos (Lei no 12.305/2010) e educação ambiental. **Revista Interdisciplinar do Direito** - Faculdade de Direito de Valença, v. 14, n. 1, p. 99-111, 2018. Doi: <https://doi.org/10.24859/fdv.2017.1007>.

RIBAS, L. M.; PINHEIRO, H. Taxa de resíduos sólidos como instrumento para promoção do direito fundamental ao meio ambiente equilibrado. **Revista Direito Economia Socioambiental**, v. 10, n. 2, p. 233-260, 2019. DOI: <https://dx.doi.org/10.7213/rev.dir.econ.soc.v10i2.23915>

ROCHA, L. C. (coord.) **Plano intermunicipal de gestão integrada de resíduos sólidos. Consórcio Intermunicipal de Gestão e Desenvolvimento Ambiental Sustentável das Vertentes - Cigedas Vertentes**. São João del - Rei: [s.n.], 2016.

ROGGE, N., JAEGER, S. de. Evaluating the efficiency of municipalities in collecting and processing municipal solid waste: A shared input DEA-model. **Waste management**, v. 32, n. 10, p. 1968-1978, 2012. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.05.021>.

ROGGE, N., JAEGER, S. de. Measuring and explaining the cost efficiency of municipal solid waste collection and processing services. **Omega**, v. 41,4, p. 653-664, 2013. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2012.09.006>.

RUTKOWSKI, J. E; RUTKOWSKI, E. W. Recycling in Brasil: paper and plastic supply chain. **Resources**, v. 6, n. 43, 2017. Doi: <https://doi.org/10.3390/resources6030043>.

SALAU, O.; OSHO, S.; SEM, L. Urban Sustainability, and the Economic Impact of Implementing a Structured Waste Management System: A Comparative Analysis of Municipal Waste Management Practices Developing Countries. **International Journal of Regional Development**, v. 4, n. 1, 2017. Doi: <https://doi.org/10.5296/ijrd.v4i1.10005>.

SANTOS, F. K. N. dos; PINTO FILHO, J. L. de O. Revisão integrativa sobre a gestão ambiental de resíduos sólidos em pequenos municípios. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, Jandaia (GO), v. 19, n. 41, p. 226, 2022. DOI: https://doi.org/10.18677/EnciBio_2022C25.

SANTOS, T. B. F, 2019. **Coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos em Uberlândia (MG): desafios e possibilidades de boas práticas para uma cidade sustentável**. 2019. 127 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, MG.

SARKIS, J. (2007). Preparing Your Data for DEA. In: Zhu, J., Cook, W.D. (eds) **Modeling Data Irregularities and Structural Complexities in Data Envelopment Analysis**. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-71607-7_17.

SARKIS, J. A comparative analysis of DEA as a discrete alternative multiple criteria decision tool. **European journal of operational research**, v. 123, n. 3, p. 543-557, 2000. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00099-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00099-5).

SARKIS, J., CORDEIRO, J. J. An empirical evaluation of environmental efficiencies and firm performance: pollution prevention versus end-of-pipe practice. **European Journal of Operational Research**, v. 135, n. 1, p. 102-113, 2001. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00306-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00306-4).

SARRA A.; MAZZOCCHITTI M.; RAPPOSELLI A. Evaluating joint environmental and cost performance in municipal waste management systems through data envelopment analysis: Scale effects and policy implications. **Ecological Indicators**, v. 73, p. 756-771, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.10.035>.

SEIBERT, A. L. **A importância da gestão de resíduos sólidos urbanos e a conscientização sobre a sustentabilidade para a população em geral**. 2014. 44 f. Monografia de especialização (Especialização em Gestão Ambiental em Municípios). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014.

SEIFORD, L. M., ZHU, J. Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. **European journal of operational research**, v. 142, n. 1, p. 16-20, 2002. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00293-4](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00293-4).

SELUR – Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana. **Guia para a implementação da cobrança**. [2023] Disponível em: <https://selur.org.br/wp-content/uploads/2021/05/Guia-Cobran%C3%A7a.pdf>. Acesso em: novembro de 2023.

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Termo de referência para subsidiar a elaboração do Plano Municipal Simplificado de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMSGIRS.** Belo Horizonte: Semad, 2022a.

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Educação ambiental, e agora?** Belo Horizonte: Semad, 2020.

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Nota técnica - metodologia de construção das unidades regionais de saneamento básico estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Semad, 2021a.

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Panorama resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais: ano base 2021.** Belo Horizonte: Semad, 2022b.

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Manual de orientações implantação da coleta seletiva nos municípios de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Semad, 2022c.

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Panorama resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais: ano base 2022.** Belo Horizonte: Semad, 2023a.

SEMAD - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Panorama resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais: ano base 2020.** Belo Horizonte: Semad, 2021b.

SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. IDE – Sisema. Infraestrutura de Dados Espaciais. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: junho de 2023b.

SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. SIAM - Sistema Integrado de Informação Ambiental. Disponível em: http://www.siam.mg.gov.br/siam/processo/processo_emprto_emprdor.jsp. Acesso em: setembro de 2023c.

SEMAD - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Plano Estadual de Saneamento Básico de Minas Gerais (PESB-MG).** Última atualização (Ter, 04 de Outubro de 2022d 14:08). Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/saneamento/-plano-estadual-de-saneamento-basico-de-minas-gerais-pesb-mg>. Acesso em dezembro de 2023.

SEMAD - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Cartilha de orientações – Consórcios públicos para gestão de resíduos sólidos urbanos. [s.d.].** Disponível em:

<http://www.desenvolvimento.mg.gov.br/assets/projetos/1064/65501a5072d2da85cd4164555a0882de.pdf>. Acesso em: novembro de 2023d.

SEMAD apresenta ferramentas do MDR para apoio na adequação ao Novo Marco do Saneamento. **Semad.** 19 de abril de 2021c. Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/noticias/4667--semad-apresenta-ferramentas-do-mdr-para-apoio-na-adequacao-ao-novo-marco-do-saneamento>. Acesso em: novembro de 2023.

SEYDEL, J. Data envelopment analysis for decision support. **Industrial Management & Data Systems**, Wembley, v. 106, n. 1, p. 81-95, 2006. Doi: <https://doi.org/10.1108/02635570610641004>.

SHAMA, H. B. *et al.* Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 162, 105052, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105052>.

SILVA, L. da; PRIETTO, P. D. M.; KORF, E. P. Sustainability indicators for urban solid waste management in large and medium-sized worldwide cities. **Journal of Cleaner Production**, v. 237, n. 10, 117802, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117802>.

SILVA, O. C. da. **Planejamento territorial e a gestão dos resíduos sólidos urbanos: o consórcio intermunicipal para o desenvolvimento ambiental sustentável do Norte de Minas – CODANORTE.** 2016. 155 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de Montes Claros - Unimontes, Montes Claros, 2016.

SILVA, R. M. da. **Utilização da Análise Envoltória de Dados na otimização de um modelo de logística reversa de pneus inservíveis para Fortaleza.** 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

SILVA, W. de M. F.; IMBROSI, D.; NOGUEIRA, J. M. Municipal Solid Waste Management: Public Consortia as an Alternative Scale-Efficient? Lessons from the Brazilian Experience. **Current Urban Studies**, v. 5, n. 2, 2017. Doi: <https://doi.org/10.4236/cus.2017.52011>.

SILVESTRE, H. C.; MARQUES, R. C.; DOLLERY, B.; CORREIA, A. M. Is cooperation cost reducing? An analysis of public-public partnerships and inter-municipal cooperation in Brazilian local government, **Local Government Studies**, p. 68-90, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1080/03003930.2019.1615462>.

SIMÕES, P., WITTE, K. de, MARQUES, R.C. Regulatory structures and operational environment in the Portuguese waste sector. **Waste management**, v. 30, n. 6, p. 1130-1137, 2010. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.12.015>.

SINIR. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <https://sinir.gov.br/informacoes/plano-nacional-de-residuos-solidos/>. Acesso em: dezembro de 2023.

SINIR. **Relatório de Soluções Compartilhadas de Gestão de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <https://relatorios.sinir.gov.br/relatorios/solucaocompartilhada/?cnpj=11.845.834%2F0001-14&ano=2019>. Dados atualizados em 10/08/2021 às 11:02:27. Acesso em setembro de 2023.

SNIS - Sistema Nacional de informações sobre o saneamento. Coleta de dados. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/snis>. 09 de Ago. 2022. Acessado em dezembro de 2023.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Glossário de Informações – Resíduos Sólidos**. 2019. Disponível em: <http://antigo.snis.gov.br/glossarios>. Acesso em: dezembro de 2022.

SNIS - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Série Histórica. Disponível em <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: março de 2023.

SNSA - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Manual de Fornecimento de Informações Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Resíduos Sólidos**. Brasília: SNSA, 2023.

SNSA - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. **Relatório técnico contendo o guia de auditoria e certificação das informações do SNIS**. Brasília: SNSA, 2017.

SNSA - Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2010**. Brasília: SNSA, 2012.

SOARES, R. et al. **Medindo o saneamento – Potencialidades e limitações dos bancos de dados brasileiros**. Centro de Estudos em Regulação e Infraestrutura – FGV CERI. 2018.

SOUKOPOVÁ, J.; VACEKOVÁ, G. Internal factors of intermunicipal cooperation: what matters most and why? **Local Government Studies**, v. 44, n.1, p.105-126. 2018. Doi: <https://doi.org/10.1080/03003930.2017.1395739>.

SOUZA, M. A.; LIMA, F. P. A.; VARELLA, C. V. S. A conformação social do lixo e das tecnologias de triagem: o caso da transferência de Centrais Mecanizadas de Triagem em São Paulo. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 13, e20200073, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.012.e20200073>.

SP perde participação no PIB nacional; RJ e MG ganham, aponta IBGE. **EXAME**. 17 de novembro de 2023. Disponível em: <https://exame.com/economia/sp-perde-participacao-no-pib-nacional-rj-e-mg-ganham-aponta-ibge/>. Acesso em: dezembro de 2023.

STN - Secretaria do Tesouro Nacional. Finanças Municipais. STN, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/tesouronacional/pt-br>. Acesso em: setembro de 2023.

STOREL JÚNIOR, A.O.; NASCIMENTO, A. F. P. Dez anos de implementação da política nacional de resíduos sólidos: possibilidades de mudança do paradigma de gerenciamento a partir da participação social. **Studies in Social Sciences Review**, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 69-85, 2021. Doi: <https://doi.org/10.54018/ssrv2n2-003>.

SUPERMERCADOS BH. Em parceria com a ambev, a rede supermercados bh adota medidas sustentáveis e instala dez máquinas de coleta de resíduos pós-consumo em seus supermercados. Disponível em: <https://www.supermercadosbh.com.br/novidades/2022/03/em-parceria-com-a-ambev-a-rede-supermercados-bh-adota-medidas-sustentaveis-e-instala-dez-maquinas-de-coleta-de-residuos-pos-consumo-em-seus-supermercados/>. Acesso em: novembro de 2023.

TISOCO, M. C.; PINHEIRO, I. G. Indicadores de Sustentabilidade de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos para Municípios Brasileiros: Desenvolvimento e Validação da Ferramenta. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 1, p. 63-80, 2023.

- UBERLÂNDIA. Coleta Seletiva. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/servicos-dmae/residuos-solidos/coleta-seletiva/>. Acesso em: setembro de 2023a.
- UBERLÂNDIA. Estações de Reciclagem. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/prefeitura/orgaos-municipais/dmae/coleta-seletiva-3/estacoes-de-reciclagem-pontos-de-entrega-voluntaria/>. Acesso em: dezembro de 2023b.
- UBERLÂNDIA. Prefeitura de Uberlândia. Disponível em: <https://www.uberlandia.mg.gov.br/>. Acesso em: setembro de 2023c.
- VAHDAT. V. S.; BORSARI. P. R.; LEMOS. P. R.; RIBEIRO. F. F.; BENATTI. G. S. S.; CAVALGANTE FILHO, P. G.; FARIAS. B. G. **Retrato do trabalho informal no Brasil: desafios e caminhos de solução**. São Paulo: Fundação Arymax. 83 Social. Instituto Veredas. 2022.
- VENTURA, K. S.; CHRISTOFORO, A. L.; SUQUISAQUI, A. B. V.; KOTSUBO, K. Consórcios Intermunicipais de Saneamento e de Resíduos Sólidos: elementos para estruturação e consolidação no contexto nacional. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 8, n. 59, p. 53-68, 2020.
- VIEIRA, K dos S. **Análise da eficiência do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil**. 2019. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Caruaru, 2019.
- VIMIEIRO, G. V.; PEREIRA, L. Z.; LANGE, L. C. Trabalho e qualidade de vida em usinas de triagem e compostagem de resíduos urbanos. **Revista de Administração FACES Journal**, v. 8, n. 2, p. 94-105, 2009. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194016886007>.
- WORLD BANK. Bridging the Gap in Solid Waste Management: Governance Requirements for Results. World Bank, Washington, DC. World Bank, 2021. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/35703>. Acesso em: fevereiro de 2022.
- WORLD BANK. **Municipal Solid Waste Management: A Roadmap for Reform for Policy Makers**. World Bank, Washington, DC. World Bank, 2018. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30434>. Acesso em: fevereiro de 2022.
- WORTHINGTON, A.C.; DOLLERY, B. E. Measuring efficiency in local government: An analysis of New South Wales municipalities' domestic waste management function. **Policy Studies Journal**, v. 29, n. 2, p. 232-249, 2001. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1541-0072.2001.tb02088.x>.
- YVY. Dúvidas Frequentes. Disponível em: <https://yvybrasil.com/faq/>. Acessado em: dezembro de 2021.
- ZHOU, H., YANG, Y., CHEN, Y. e ZHU J. Data Envelopment Analysis Application in Sustainability: The Origins, Development and Future Directions. **European Journal of Operational Research**, v. 234, n. 1, p. 1-16, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.06.023>.

APÊNDICE A

**CONSÓRCIOS PÚBLICOS DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS
DE MINAS GERAIS**

Tabela 14: Descrição dos consórcios públicos de gestão de RSU de MG (ano base 2021).

Sigla	Nome	Nº de municípios	População total	% da população da total
CIAS-CENTRO OESTE	Consórcio Intermunicipal de Aterro Sanitário do Centro Oeste Mineiro	26	577.603	3,37%
CICANASTRA	Consórcio Intermunicipal da Serra da Canastra, Alto São Francisco e Médio Rio Grande	12	145.362	0,85%
CIDASSP	Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável	9	131.671	0,77%
CIDERSU	Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento Regional Sustentável	10	114.883	0,67%
CIDES	Consórcio Público Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba	16	186.001	1,08%
CIDSEEA	Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Sócio-Econômico e Sócio Ambiental dos Municípios da Microrregião de São Lourenço	4	53.499	0,31%
CIDSMEJE	Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável do Médio Jequitinhonha	9	73.378	0,43%
CIESP	Consórcio Intermunicipal de Especialidades	8	184.005	1,07%
CIGEDAS	Consórcio Intermunicipal de Gestão e Desenvolvimento Ambiental Sustentável das Vertentes	18	193.866	1,13%
CIGIRS	Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos	2	16.500	0,10%
CIGRES	Consórcio Intermunicipal Público para Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos	3	23.602	0,14%
CII-AMAJE	Consórcio Intermunicipal de Infraestrutura dos Municípios da AMAJE	16	151.533	0,88%
CIMASAS	Consórcio Intermunicipal dos Municípios da Microrregião do Alto Sapucaí para Aterro Sanitário	10	166.066	0,97%
CIMBAJE	Consórcio Intermunicipal Multifinalitário do Baixo Jequitinhonha	10	115.826	0,68%
CIMME	Consórcio Intermunicipal Multifinalitário do Médio Espinhaço	4	20.778	0,12%
CIMPLA	Consórcio Intermunicipal Multifinalitário do Planalto de Araxá	4	145.681	0,85%
CIMVA	Consórcio Intermunicipal Multifinalitário do Vale do Aço	27	621.961	3,62%
CIMVALES	Consórcio Intermunicipal Norte Mineiro de Desenvolvimento Regional dos Vales do Carinhanha, Cochá, Peruaçu, Japoré e São Francisco	3	6.562	0,04%
CIMVALPI	Consórcio Intermunicipal Multissetorial do Vale do Piranga	30	437.407	2,55%
CISAB SUL	Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico do Sul de Minas Gerais	14	297.283	1,73%
CISAB ZM	Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Zona da Mata de Minas Gerais	30	384.732	2,24%
CIS-CAPARAÓ	Consórcio Intermunicipal Multissetorial do Entorno do Caparaó	11	65.111	0,38%

Sigla	Nome	Nº de municípios	População total	% da população da total
CISPAR	Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável do Alto Paranaíba	5	48.570	0,28%
CODAMMA	Consórcio de Desenvolvimento da área dos Municípios da Microrregião da Mantiqueira	6	24.918	0,15%
CODANORTE	Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento Ambiental Sustentável do Norte de Minas	45	865.555	5,04%
COMAR	Consórcio Público Intermunicipal Multifinalitário do Alto Rio Pardo	14	112.971	0,66%
CONCASS	Consórcio Intermunicipal para Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos	1	1.539	0,01%
CONDAPAV	Consórcio Público para o Desenvolvimento da Microrregião do Alto Paraopeba e Vertentes	6	29.818	0,17%
CONSANE	Consórcio Regional de Saneamento Básico	12	213.711	1,25%
Consórcio Intermunicipal do Alto e Médio Carangola	Consórcio Intermunicipal do Alto e Médio Carangola	2	16.406	0,10%
CONVALE	Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Regional	13	452.533	2,64%
CONVALES	Consórcio de Saúde e Desenvolvimento dos Vales do Noroeste de Minas	10	177.522	1,03%
CORESAB	Consórcio Regional de Saneamento Básico Central de Minas	15	242.629	1,41%
CPGI	Consórcio Público para Gestão Integrada	5	52.556	0,31%
CPGRS	Consórcio Público de Gestão de Resíduos Sólidos	7	145.323	0,85%
ECOTRES	Consórcio Público Intermunicipal de Tratamento de Resíduos Sólidos	3	215.111	1,25%
RIDES	Consórcio Intermunicipal Região Integrada de Desenvolvimento Sustentável	9	90.142	0,53%
UNIÃO DA SERRA GERAL	Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável da Microrregião da Serra Geral de Minas	6	113.122	0,66%
-	Sem consórcio	248	10.243.037	59,70%
Minas Gerais	Total	683	17.158.773	100%

Fonte: Semad (2022).

APÊNDICE B

SCRIPT UTILIZADO PARA AS ANÁLISES DA PESQUISA

```

library(deaR)
library(caret)
#library(stats)
#library(dplyr)

##Análise preliminar dos dados de entrada
##Fonte: SNIS, ano referência 2021

#importando dados
setwd("C:/Users/vivik/OneDrive/DOUTORADO/Projeto/Resultados/Oficial
doc/0. Dados Brutos SNIS/2021")
Dados<-read.csv("Dados_entrada.csv",sep=";")
summary(Dados)

#Teste de normalidade dos dados
shapiro.test(Dados$POP_URB)
shapiro.test(Dados$CA005)
shapiro.test(Dados$CA006)
shapiro.test(Dados$CA007)
shapiro.test(Dados$CA008)
shapiro.test(Dados$CO050.Purb)
shapiro.test(Dados$CO119.Purb)
shapiro.test(Dados$CO165.Purb)
shapiro.test(Dados$CS001)
shapiro.test(Dados$FN201)
shapiro.test(Dados$FN220.Purb)
shapiro.test(Dados$FN220.FN223)
shapiro.test(Dados$PO042)
shapiro.test(Dados$PO048)
shapiro.test(Dados$TB015)

#Análise de correlação para excluir dados redundantes
dados_corr<-Dados[c(-1)]
cor<-cor(dados_corr, method=c("spearman"))
write.table(cor,file="Correlação2.csv")

##ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS - DEA

#transformando dados para leitura posterior
#variáveis foram reordenadas para a leitura do arquivo pela função model_basic
#coluna população foi excluída porque foi incorporada em outras variáveis
#transformando-os em dados per capita
setwd("C:/Users/vivik/OneDrive/DOUTORADO/Projeto/Resultados/Oficial
doc/4. DEA/2021")
dea<-read.csv("dea.csv", sep=";")
summary(dea)

```

```

#normalizando pela média (FN220.Purb, FN220.FN223, TB015, CA007,
#CO119.Purb)
dea$FN220.FN223<-dea$FN220.FN223/ mean(dea$FN220.FN223)
dea$TB015<-dea$TB015/mean(dea$TB015)
dea$CA007<-dea$CA007/mean(dea$CA007)
dea$CO119.Purb<-dea$CO119.Purb/mean(dea$CO119.Purb)
dea$FN220.Purb<-dea$FN220.Purb/mean(dea$FN220.Purb)

#eliminando zero
#FN201, FN220.FN223, PO0042, PO048, CA007, CA008
#CO165.Purb, CS001

dea$FN201<-dea$FN201+1
dea$FN220.FN223<-dea$FN220.FN223+1
dea$CA008<-dea$CA008+1
dea$CO165.Purb<-dea$CO165.Purb+1
dea$CS001<-dea$CS001+1
dea$PO042<-dea$PO042+1
dea$PO048<-dea$PO048+1
dea$CA007<-dea$CA007+1

# Ajusta o modelo DEA
data_basic<-read_data(dea,dmus=1,inputs=2:7,outputs=8:13)

#rodando DEA - CCR entrada
result_CCR_in<-model_basic(data_basic, orientation="io",rts="crs")
#extração do grupo de DMUs ineficientes
#retorna o escore de eficiencia da unidade ineficiente
#comparada com as unidades de referencia eficientes
references(result_CCR_in)
summary(result_CCR_in, exportExcel = TRUE, file="ccrin sarkis.csv")
#(Lambda) representa as unidades referência para as organizações que
#não têm um desempenho eficiente
plot(result_CCR_in)

#rodando DEA - CCR saída
result_CCR_out<-model_basic(data_basic, orientation="oo",rts="crs")
efficiencies(result_CCR_out)
references(result_CCR_out)
summary(result_CCR_out, exportExcel = TRUE, file="ccrout sarkis.csv")
plot(result_CCR_out)

#rodando DEA - BCC entrada
result_BCC_in<-model_basic(data_basic,orientation="io",rts="vrs",
maxslack=FALSE)
efficiencies(result_BCC_in)
references(result_BCC_in)

```

```

summary(result_BCC_in, exportExcel = TRUE, file="bccin sarkis.csv")
plot(result_BCC_in)

#rodando DEA - BCC saida
result_BCC_out<-model_basic(data_basic,orientation="oo",rts="vrs",
maxslack=FALSE)
eficiencias(result_BCC_out)
referencias(result_BCC_out)
summary(result_BCC_out, exportExcel = TRUE, file="bccout sarkis.csv")
plot(result_BCC_out)

##ANÁLISE DOS RESULTADOS DE EFICIÊNCIA
#Normalidade eficiencias+IRSU
setwd("C:/Users/vivik/OneDrive/DOCTORADO/Projeto/Resultados/Oficial
doc/4. DEA/2021/norm (média) + exclusão de zero")
Dados2<-read.csv("escores.irsu.csv", sep=";")
summary(Dados2)
shapiro.test(Dados2$CCRin)
shapiro.test(Dados2$CCRout)
shapiro.test(Dados2$BCCin)
shapiro.test(Dados2$BCCout)
shapiro.test(Dados2$IRSU)

#correlação Eff-Dados originais
setwd("C:/Users/vivik/OneDrive/DOCTORADO/Projeto/Resultados/Oficial
doc/4. DEA/2021/norm (média) + exclusão de zero")
corr.result<-read.csv("Corr Eff-dados.csv", sep=";")
summary(corr.result)
corr.r<-corr.result[c(-1)]
cor2<-cor(corr.r, method=c("spearman"))
write.csv(cor2, file="Correlação resultados.csv")
#Conclusão: não há correlação forte entre os escores de eficiência e as variáveis

#comparação IRSU e BCCin
wilcox.test(Dados2$BCCin,Dados2$IRSU, conf.int=TRUE, alternative="greater")

#Diferença consórcio-não consórcio
setwd("C:/Users/vivik/OneDrive/DOCTORADO/Projeto/Resultados/Oficial
doc/4. DEA/2021/norm (média) + exclusão de zero")
com<-read.csv("com cons.csv", sep=";")
sem<-read.csv("sem cons.csv", sep=";")
com<-com[c(-1)]
sem<-sem[c(-1)]
wilcox.test(com$eff,sem$eff, conf.int=TRUE, alternative="greater")
#O teste não indica diferença estatística significativa entre os municípios integrantes
# e não integrantes de consórcios

```

APÊNDICE C

**DADOS DOS MUNICÍPIOS SELECIONADOS PARA A ETAPA DE
DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS**

Tabela 15: Dados dos doze municípios mais e menos eficientes selecionados para a etapa do diagnóstico e proposição de melhorias.

Classificação DEA	Município	Pop (hab)	IDHM	PIB per capita	Disposição final	Catadores estão organizados?	Há incentivos municipais para as cooperativas/associações de catadores?	Tem coleta seletiva?	(Unidades de triagem e/ou compostagem?)
Eficiente	Doresópolis	1461,00	0,692	R\$ 35.923,91	Lixão	Não	Não	Sim	Não
Eficiente	Campo Azul	3714,00	0,621	R\$ 10.126,04	Lixão	Não	Não	Não	Não
Eficiente	Claraval	4658,00	0,698	R\$ 31.710,19	AS Regularizado	Não	Não	Não	Não
Eficiente	Prudente de Moraes	11446,00	0,69	R\$ 16.203,30	AS Regularizado	Sim	Não	Não	Sim
Eficiente	Sacramento	26670,00	0,732	R\$ 61.065,89	AS Regularizado	Sim	Sim	Sim	Sim
Eficiente	Alfenas	78970,00	0,761	R\$ 33.843,71	AS Regularizado	Não	Não	Não	Não
Ineficiente	Santa Rita de Caldas	8460,00	0,69	R\$ 20.668,11	AS Regularizado	Não	Não	Não	Não
Ineficiente	Dores de Campos	10007,00	0,686	R\$ 29.889,76	AS+UTC Regularizados	Não	Não	Não	Sim
Ineficiente	São Lourenço	44798,00	0,759	R\$ 22.617,36	AS Regularizado	Não	Não	Não	Não
Ineficiente	Itabira	113343,00	0,756	R\$ 56.164,20	AS Regularizado	Não	Não	Sim	Não
Ineficiente	Juiz de Fora	540756,00	0,778	R\$ 29.424,88	AS Regularizado	Sim	Sim	Sim	Não
Ineficiente	Uberlândia	713232,00	0,789	R\$ 53.828,78	AS Regularizado	Sim	Não	Sim	Não

Fonte: SNIS (2023).

Tabela 16: Dados dos doze municípios mais e menos eficientes selecionados para a etapa do diagnóstico e proposição de melhorias (parte 2).

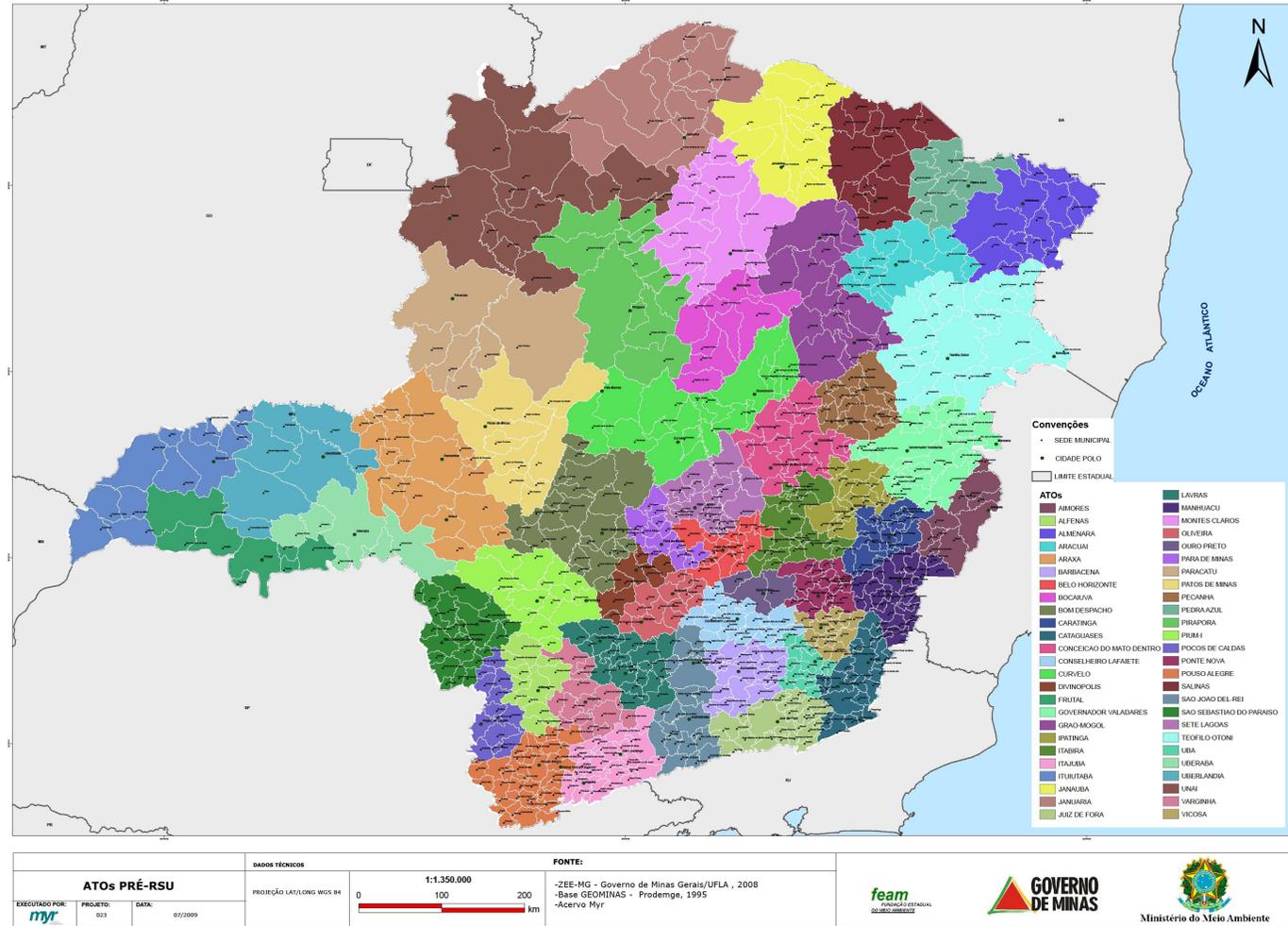
Classificação DEA	Municípios	Tem PMGIRS?	Tem PMSB?	Tem logística reversa?	É integrante de consórcio intermunicipal?	Há cobrança pelo serviço de limpeza?	Qual o mecanismo de cobrança?	Existe autossuficiência financeira?	Qual a natureza jurídica do prestador de serviço?	Há empresas com contrato de concessão?
Eficiente	Doresópolis	Não	Não	Sim	Não	Não	0	0	Administração pública direta	Não
Eficiente	Campo Azul	Não	Não	Não	Não	Não	0	0	Administração pública direta	Não
Eficiente	Claraval	Não	Não	Sim	Não	Não	0	0	Administração pública direta	Não
Eficiente	Prudente de Morais	Sim	Não	Não	Não	Não	0	0	Administração pública direta	Não
Eficiente	Sacramento	Sim	Não	Sim	Não	Não	0	0	Administração pública direta	Não
Eficiente	Alfenas	Não	Não	Sim	Não	Não	0	0	Administração pública direta	Sim
Ineficiente	Santa Rita de Caldas	Não	Sim	Não	Sim	Sim	Boleto do IPTU	15,41	Administração pública direta	Não
Ineficiente	Dores de Campos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Boleto do IPTU	0,8	Administração pública direta	Não
Ineficiente	São Lourenço	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Boleto de água	82,18	Autarquia	Não
Ineficiente	Itabira	Sim	Não	Sim	Não	Não	0	0	Empresa pública	Não
Ineficiente	Juiz de Fora	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Boleto do IPTU	65,88	Autarquia	Sim
Ineficiente	Uberlândia	Sim	Sim	Sim	Não	Sim	Taxa em boleto específico	21,81	Autarquia	Sim

Fonte: SNIS (2023).

ANEXO I

**MAPA DA PROPOSTA DE REGIONALIZAÇÃO DOS ARRANJOS
TERRITORIAIS ÓTIMOS**

Figura 59: Mapa dos Arranjos Territoriais Ótimos de MG.



Fonte: Feam (2009).