

**TEXTO PARA DISCUSSÃO**

**3077**

**O IMPACTO DE CONSÓRCIOS  
PÚBLICOS DE RESÍDUOS  
SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL:  
ESTIMATIVAS DE INVESTIMENTOS  
E POTENCIAIS IMPACTOS  
SOCIOECONÔMICOS**

**RAFAEL IGREJAS  
YAN NONATO CATTANI  
LEONARDO DE SANTIS MAXIMINO  
DANIEL KIYOYUDI KOMESU  
FREDERICO ARAUJO TUROLLA  
GERALDO SANDOVAL GOES**



**O IMPACTO DE CONSÓRCIOS  
PÚBLICOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS  
URBANOS NO BRASIL: ESTIMATIVAS  
DE INVESTIMENTOS E POTENCIAIS  
IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS**

**RAFAEL IGREJAS<sup>1</sup>**

**YAN NONATO CATTANI<sup>2</sup>**

**LEONARDO DE SANTIS MAXIMINO<sup>3</sup>**

**DANIEL KIYOYUDI KOMESU<sup>4</sup>**

**FREDERICO ARAUJO TUROLLA<sup>5</sup>**

**GERALDO SANDOVAL GOES<sup>6</sup>**

1. Sócio da Pezco Economics, pesquisador e professor do PSP/Hub de Infraestrutura e Urbanismo. *E-mail:* rafael.igrejas@pezco.com.br.

2. Pesquisador da Universidade Federal do ABC (UFABC) e da Escola Superior de Propaganda e Marketing (ESPM). *E-mail:* yancattani@gmail.com.

3. Sócio da Pezco Economics. *E-mail:* leonardo.santis@pezco.com.br.

4. Sócio da Pezco Economics. *E-mail:* danielkomesu@pezco.com.br.

5. Diretor do PSP/Hub de Infraestrutura e Urbanismo e sócio da Pezco Economics. *E-mail:* fredturolla@pezco.com.br.

6. Especialista em gestão pública e gestão governamental na Diretoria de Estudos e Políticas Macroeconômicas do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dimac/Ipea). *E-mail:* geraldo.goes@ipea.gov.br.

Governo Federal

Ministério do Planejamento e Orçamento

Ministra Simone Nassar Tebet

**ipea** Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

**Presidenta**

LUCIANA MENDES SANTOS SERVO

**Diretor de Desenvolvimento Institucional**

FERNANDO GAIGER SILVEIRA

**Diretora de Estudos e Políticas do Estado,  
das Instituições e da Democracia**

LUSENI MARIA CORDEIRO DE AQUINO

**Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas**

CLÁUDIO ROBERTO AMITRANO

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais,  
Urbanas e Ambientais**

ARISTIDES MONTEIRO NETO

**Diretora de Estudos e Políticas Setoriais,  
de Inovação, Regulação e Infraestrutura**

FERNANDA DE NEGRI

**Diretor de Estudos e Políticas Sociais**

CARLOS HENRIQUE LEITE CORSEUIL

**Diretor de Estudos Internacionais**

FÁBIO VÉRAS SOARES

**Chefe de Gabinete**

ALEXANDRE DOS SANTOS CUNHA

**Coordenadora-Geral de Imprensa e  
Comunicação Social**

GISELE AMARAL DE SOUZA

**Ouvidoria:** <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

**URL:** <http://www.ipea.gov.br>

# Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – ipea 2025

O Impacto de consórcios públicos de resíduos sólidos urbanos no Brasil: estimativas de investimentos e potenciais impactos socioeconômicos / Rafael Igrejas ... [et al.]. – Brasília, DF: Ipea, 2025. 53 p.: il., gráfs. – (Texto para Discussão ; n. 3077).

Inclui Bibliografia.  
ISSN 1415-4765

1. Consórcio Público. 2. Resíduos Sólidos Urbanos. 3. Avaliação Econômico-financeira. 4. Estimativa de Custos. 5. Impactos Socioeconômicos. I. Igrejas, Rafael. II. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 342.81

Ficha catalográfica elaborada por Elizabeth Ferreira da Silva CRB-7/6844.

**Como citar:**

IGREJAS, Rafael *et al.* **O Impacto de consórcios públicos de resíduos sólidos urbanos no Brasil:** estimativas de investimentos e potenciais impactos socioeconômicos. Brasília, DF: Ipea, jan. 2025. 53 p. (Texto para Discussão, n. 3077). DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td3077-port>

**JEL:** H51; H54; H71; H75; H77; I18.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.38116/td3077-port>

As publicações do Ipea estão disponíveis para download gratuito nos formatos PDF (todas) e ePUB (livros e periódicos).

Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento e Orçamento.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

# SUMÁRIO

SINOPSE	
1 INTRODUÇÃO .....	6
2 CONTRIBUIÇÕES DA LITERATURA .....	8
2.1 Consórcios de RSU no Brasil .....	8
2.2 Sustentabilidade financeira.....	12
2.3 Impactos da gestão integrada de resíduos sólidos .....	14
3 METODOLOGIA .....	20
3.1 Pré-viabilidade de projetos.....	20
3.2 Considerações da metodologia do EMPMRAR e dados utilizados.....	21
3.3 Definindo a amostra .....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
5 CONCLUSÕES E ORIENTAÇÕES PARA POLÍTICAS PÚBLICAS .....	30
REFERÊNCIAS .....	31
APÊNDICE A .....	38
APÊNDICE B.....	40

## SINOPSE

Este estudo tem como objetivo estimar os investimentos (*Capex – capital expenditure*) e os custos operacionais (*Opex – operational expenditure*) necessários para viabilizar consórcios públicos de resíduos sólidos urbanos (RSUs) em regiões onde ainda não há destinação final adequada. Para tanto, foram tomadas amostras de consórcios de RSUs no Brasil que ainda não apresentavam rotas tecnológicas completas, utilizando o *Estudo de modelagem de projetos de manejo de RSU em arranjos regionais (EMPMRAR)*, produzido pelo Ministério da Economia (ME) em 2022 (Brasil, 2022b). Para a amostra de consórcios selecionada, aplicou-se uma rota tecnológica (RT) sugerida pelo estudo referencial, alinhada ao atingimento das metas do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares) até 2040. Como pano de fundo, tem-se ainda a análise de potenciais impactos socioeconômicos, em linha com as prioridades da Organização das Nações Unidas (ONU) definidas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Entre os consórcios públicos selecionados, a partir de uma amostra de dezoito consórcios, foram estimados investimentos de R\$ 1,6 bilhão para Opex e R\$ 173 milhões para Capex, ao longo de concessões de 35 anos. Como orientações para políticas públicas, o estudo extrapola os resultados para a realidade brasileira de 46 milhões de habitantes, que ainda habitam em localidades sem disposição final adequada de resíduos sólidos, necessitando de investimento total de R\$ 225 bilhões ao longo de 35 anos de concessões.

**Palavras-chave:** consórcios públicos; resíduos sólidos urbanos; avaliação econômico-financeira; estimativa de custos; impactos socioeconômicos.

## 1 INTRODUÇÃO

A geração global de resíduos sólidos pode atingir 2,2 bilhões de toneladas métricas (Mt) por ano até 2025, o que representa o dobro da média gerada em 2017. A coleta de resíduos sólidos em todo o mundo foi responsável por aproximadamente 77% da geração total. Em termos globais, 33% dos resíduos são despejados a céu aberto, 37% são depositados em todos os tipos de áreas não controladas, 19% são recuperados por meio de reciclagem e compostagem e 11% são recuperados por meio de técnicas de incineração. Nos países em desenvolvimento, em média, 40% dos resíduos gerados são coletados e 93% são depositados em aterros ou gerenciados de forma inadequada (World Bank, 2021).

Na América Latina e no Caribe (ALC), a geração total de RSUs já chega a 216 milhões de toneladas anuais, das quais 52% são resíduos orgânicos; 19%, materiais com potencial de reciclagem; e 12%, plásticos. Apenas 4,5% desses resíduos são reciclados, 56% são levados para aterros sanitários e 40% ainda são levados para lixões controlados (Correal, Rihm e Zambrano, 2021).

Em 2022, o Brasil gerou aproximadamente 82 milhões de toneladas de RSUs, o que corresponde a 224 mil toneladas diárias ou 1.043 kg por brasileiro (Abrelpe, 2022). A dimensão territorial também pode explicar os grandes números de geração de RSUs no Brasil. Do total gerado, 39,5% (30,2 milhões de toneladas) ainda são descartados indevidamente em lixões e aterros controlados, segundo a Abrelpe (2022). Os desafios relacionados à coleta de resíduos são ainda maiores, sobretudo considerando que a eficiência depende não apenas da capacidade de gestão, mas também das diversas condições geográficas de acesso, fatores econômicos, culturais e sociais (Passarini *et al.*, 2011).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) no Brasil, estabelecida em 2010 pela Lei nº 12.305 (Brasil, 2010), objetiva reverter esse quadro. Entretanto, o tema da gestão de resíduos sólidos urbanos (GRSU) foi um dos pontos aprimorados pela Lei nº 14.026/2020 (Brasil, 2020a), que estabeleceu o Novo Marco Legal de Saneamento Básico (NMSB), e pelo Decreto nº 10.936/2022 (Brasil, 2022a), que criou o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares). Esses instrumentos normativos também têm por princípio criar incentivos à cooperação para a prestação de serviços à população, seja para entidades nacionais, seja para subnacionais.

Devido às condições econômicas e políticas, muitos países buscam alternativas para tornar seus serviços de GRSU mais eficientes e de forma sustentável. Entre as alternativas à reestruturação do serviço público de RSU que tem se observado como caminho para a redução de custos e a mitigação de impacto fiscal, destacam-se: i) a subcontratação; ii) os arranjos cooperativos intergovernamentais (ACIs); iii) o desenvolvimento de políticas regionais; iv) as parcerias públicas; e v) as parcerias público-privadas – PPPs (Plata-Díaz *et al.*, 2014).

**TEXTO para DISCUSSÃO**

Essas condições estão indiretamente relacionadas às premissas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS); e à Agenda 2030, da Organização das Nações Unidas (ONU), sobretudo aqueles objetivos relacionados a cidades sustentáveis e comunidades, consumo responsável, ações climáticas, energia limpa, vida na Terra, entre outros. A Agenda 2030 apresenta grandes desafios em termos de mobilização de recursos, uma vez que os montantes necessários para cumprir os dezessete ODS definidos pela ONU excedem em muito o escopo do financiamento tradicional para o desenvolvimento. Além disso, a XXVI Conferência sobre Mudanças Climáticas das Nações Unidas (COP26), a qual reuniu os principais interessados em acelerar ações em direção aos objetivos do Acordo de Paris e da United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), foi concluída com muitos governos comprometendo-se a efetivar uma transição mais rápida para a redução das emissões de carbono. No entanto, esses compromissos exigem a implementação de políticas mais eficientes e a mobilização de mais capitais, tanto públicos como privados.

Em relação à gestão integrada de RSUs, a viabilidade econômico-financeira de projetos e arranjos regionais no setor é crucial para gerar impactos socioeconômicos relevantes em todo o Brasil. Esse aspecto já havia sido abordado no *Relatório de pesquisa do diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos*, desenvolvido pelo Ipea (2012). Esse estudo já apresentava a crítica situação brasileira e os possíveis caminhos para a resolução do problema.

Nesse contexto, devido ao grande volume gerado nas cidades, sabe-se que ao menos parte da solução passa por arranjos regionais via consórcios públicos para elevar os índices de destinação final adequada e, conseqüentemente, diminuir a lacuna entre a geração e a disposição final, além de ser uma das metas mais básicas do Planares. Essa proposta é reforçada pela necessidade de universalização dos serviços de GRSU exigida pelo NMSB, além de ser apontada como forma de viabilização para a implementação regionalizada em estudo recente realizado em perspectiva comparada com outros países (Cattani e Igrejas, 2024).

Assim, este estudo tem como objetivo estimar Capex (*capital expenditure*) e Opex (*operational expenditure*) necessários para viabilizar economicamente consórcios públicos de RSUs no Brasil em regiões onde ainda não há destinação final adequada. Dessa forma, seriam cumpridas as exigências de universalização previstas pelo Planares e, conseqüentemente, os ODS previstos para o setor de RSU, como redução da produção de resíduos, aumento da reutilização e reciclagem.

Como metodologia, este estudo selecionou inicialmente uma amostra de consórcios públicos de RSU, limitando-se a avaliar os consórcios que até dezembro de 2022 apresentavam plano de gerenciamento de resíduos sólidos, mas ainda não apresentavam

rotas tecnológicas completas e cujas estimativas de Capex e Opex são indispensáveis para atingir as metas do Planares até 2040. A amostra tomou como base o EMPMRAR (Brasil, 2022b), ferramenta desenvolvida pela Secretaria Especial de Produtividade e Competitividade do Ministério da Economia (Sepec/ME), por meio da Secretaria de Desenvolvimento da Infraestrutura (SDI). A ferramenta já prevê a otimização de distâncias rodoviárias e de custos, oferecendo tarifas de referência para cada arranjo regional proposto, de forma que a função objetivo é determinada para se obter a menor tarifa possível para cada arranjo.

As principais contribuições deste estudo são avaliar os níveis de recursos requeridos para atendimento às metas do Planares até 2040, por meio de arranjos públicos regionais, e identificar os potenciais impactos em variáveis socio e macroeconômicas. Até 2022, os referidos arranjos via consórcios não apresentavam rota tecnológica adequada, alguns ainda se encontram em pré-operação em 2023 e todos apresentam desafios geográficos relevantes. Em meio às atuais discussões sobre restrições e desafios à implementação do novo marco do saneamento e a necessidade de formação de arranjos regionais para RSUs, este estudo pode auxiliar no processo de tomada de decisões de políticas públicas.

O texto está dividido em cinco seções, inclusa esta introdução, a qual fornece uma visão geral sobre a situação atual de consórcios de RSUs no Brasil e um breve referencial teórico sobre operações de RSUs. A seção 2 traz contribuições da literatura sobre sustentabilidade financeira e potenciais impactos socio e macroeconômicos da gestão integrada de consórcios de RSU, enquanto a seção 3 versa sobre a metodologia utilizada. A seção 4 apresenta os resultados e as discussões. Por fim, a seção 5 traz as considerações finais e orientações para políticas públicas.

## 2 CONTRIBUIÇÕES DA LITERATURA

### 2.1 Consórcios de RSU no Brasil

No Brasil, em seus 5.570 municípios, 26 estados, o Distrito Federal e a União, há complexas interações desafiadoras do ponto de vista da gestão e do investimento.<sup>1</sup> Como cada ator tem sua própria organização administrativa, política e financeira, é necessária uma combinação constante de autonomia e interdependência (Abrucio, Franzese e Sano, 2010).

De acordo com Junqueira (1990), a cooperação entre municípios é uma ideia relativamente antiga, já incluída na Constituição de São Paulo em 1891. Entretanto, a implementação efetiva de um consórcio público é pouco mais recente: em meados das

1. Disponível em: <https://sinir.gov.br/paineis/destinacao/>. Acesso em: 10 jan. 2023.

décadas de 1960 e 1970, na região de Bauru e no Vale do Paraíba, foram constituídos os primeiros consórcios intermunicipais, denominados Consórcio da Promoção Social, da região de Bauru, e Consórcio de Desenvolvimento Integrado do Vale do Paraíba, conhecidos pela sigla Codivap.

A Emenda Constitucional nº 19, de 4 de junho de 1998, autorizou a prestação associada de serviços públicos e a transferência total ou parcial de encargos, serviços, pessoal e bens essenciais à continuidade dos serviços transferidos (Cattani, 2023). No entanto, somente em 2005 houve um entendimento definitivo sobre os serviços prestados de forma associada via consórcios, criando a figura denominada *consórcio público*. Em 6 de abril de 2005, foi sancionada a Lei Federal nº 11.107, que permitiu a contratualização dos consórcios públicos, por meio do protocolo de intenções e do contrato de consórcio público. Dois anos depois, a promulgação do Decreto Federal nº 6.017/2007 regulamentou a Lei Federal nº 11.107/2005, complementando alguns temas e esclarecendo outros. As duas normas, a lei e o decreto normativo permitiram maior segurança jurídica para a criação e a operacionalização dos consórcios públicos, bem como para a cooperação interfederativa, que até então era realizada pelos consórcios administrativos (Probst, 2018).

Para realizar uma análise do panorama situacional desses consórcios com atuação em resíduos sólidos no Brasil até 2022, este estudo se baseou inicialmente nas informações do EMPMRAR, em que foram mapeados os dados existentes na base de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (Brasil (2021), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE),<sup>2</sup> do Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir)<sup>3</sup> e por meio de pesquisa de campo.<sup>4</sup>

A partir dos dados levantados e checados em 22 Unidades Federativas (UFs) do país, foram avaliados 240 consórcios públicos entre unifinalitários (aqueles que atuam somente com resíduos sólidos) e multifinalitários (ou que agregam mais áreas de atuação, como saúde, assistência social, incentivos, educação etc.).

A região Nordeste se destaca com oitenta consórcios ativos (33,3% dos arranjos consorciados do país) e 1.222 municípios (gráfico 1). A região Sudeste fica em segundo lugar em número de consórcios ativos, e apresentou 1.189 municípios vinculados aos

2. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/187>. Acesso em: 10 jan. 2023.

3. Disponível em: <https://sinir.gov.br/paineis/destinacao/>. Acesso em: 10 jan. 2023.

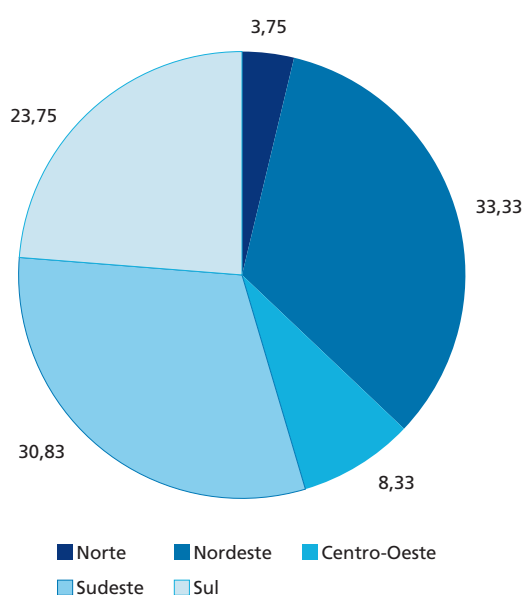
4. Conforme ressalta-se em Brasil (2022b), a necessidade de triangulação de informações (Flick, 2004) durante o estudo foi necessária devido às informações secundárias das fontes mencionadas não disponibilizarem todos os dados de forma consolidada e padronizada sobre o tema, com diferentes anos-base e informações financeiras e técnicas divergentes. Assim, houve a necessidade de validação de dados por meio de coleta primária, realizada via contatos telefônicos.

seus 74 consórcios ativos (30,83%). A região Sul representa 23,75%; e a região Centro-Oeste, 8,33% do total. O Norte é a região que apresenta somente nove consórcios ativos (3,75%) e 93 municípios consorciados (Brasil, 2022b).

### GRÁFICO 1

#### Consórcios ativos por região

(Em %)



Fonte: Brasil (2022b).

Entre os arranjos consorciados, um total de 125 teve a população de sua área de abrangência contabilizada<sup>5</sup> – apresentando população de até 500 mil habitantes. A faixa populacional de até 250 mil habitantes predomina sobre as demais faixas. A tabela 1 resume os dados dos consórcios ativos, consolidados por região. As informações foram divididas de acordo com as quatro faixas populacionais estabelecidas em Brasil (2020b).

5. A população da área de abrangência foi extraída do Sinir (disponível em: <https://sinir.gov.br/paineis/destinacao/>. Acesso em: 10 jan. 2023). Exceto para os Consórcios de Nascentes Pantanal/MT, Consórcio Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, Municípios Firminópolis, São Luís de Montes Belos, Turvânia e Cachoeira de Goiás (Cigirs/GO), Consórcio de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Sobral (CGIRS-RMS), Consórcio Regional de Resíduos Sólidos do Agreste Alagoano (Conagreste), Consórcio Intermunicipal de Gestão e Desenvolvimento Ambiental Sustentável das Vertentes (Cigedas), Consórcio Intermunicipal para Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (Conresol), Consórcio Intermunicipal de Saneamento da Região Central de Rondônia (Cisan Central), Consórcio Intermunicipal do Médio Vale do Itajaí (Cimvi), cuja população foi contabilizada com dados do IBGE (disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/187>. Acesso em: 10 jan. 2023).

## TEXTO para DISCUSSÃO

**TABELA 1**

**Número de consórcios por região, segundo a população da área de abrangência**

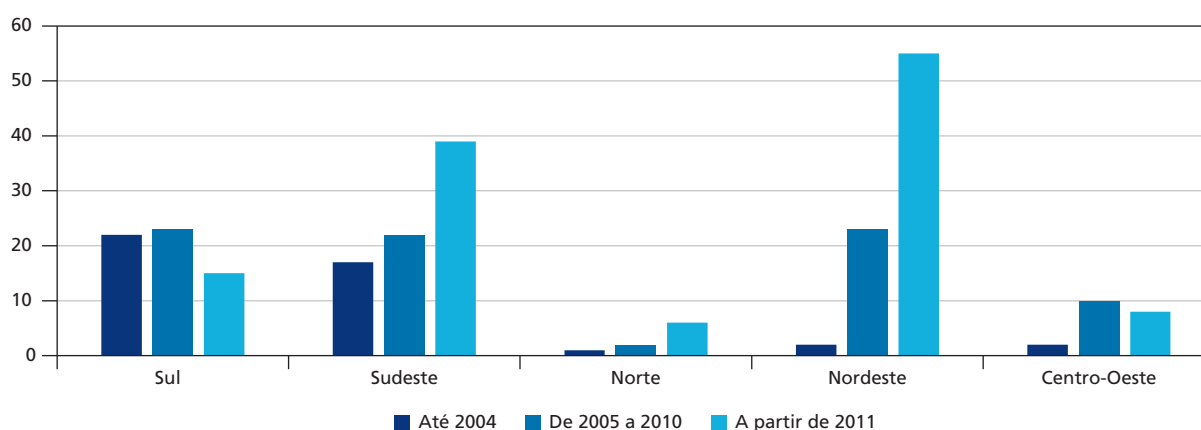
Região	Número de habitantes					Total
	Até 250.000	250.001 a 500.000	500.001 a 1.000.000	Acima de 1.000.000	Não localizado	
Norte	5	0	0	1	3	9
Nordeste	16	17	4	1	42	80
Centro-Oeste	10	4	0	0	6	20
Sudeste	26	14	8	5	21	74
Sul	25	8	1	2	21	57
Total	82	43	13	9	93	240

Fonte: Brasil (2022b).

Até o ano de 2004, antes da Lei nº 11.107/2005 (Lei dos Consórcios), apenas 44 consórcios<sup>6</sup> tinham sido instituídos, com as regiões Sul e Sudeste responsáveis respectivamente por 50% e 38,6% dos arranjos consorciados existentes à época. Após a referida lei, o número de consórcios criados em cinco anos foi maior que o total existente até 2004 em todas as regiões. A partir de 2011, as regiões Nordeste e Sudeste passaram a ser responsáveis por 55,3% do número de arranjos consorciados criados nesse período (gráfico 2). O número de consórcios públicos no Nordeste dobrou no período.

**GRÁFICO 2**

**Número de consórcios criados por período em cada região**



Fonte: Brasil (2022b).

6. Chamados anteriormente de *consórcios administrativos*, estes possuíam estrutura juridicamente mais frágil, exclusivamente de direito privado, portanto diferenciada do atual consórcio público, que pode possuir atribuições tanto do direito público quanto do direito privado, além de ser considerado uma autarquia federativa com atividades-fim de Estado, entre outras especificidades.

Em meio aos consórcios pesquisados, também foi avaliada a existência de rotas tecnológicas completas, relatórios contábeis, dados operacionais, forma de cobrança, conselhos existentes. Contudo, muitas dessas informações são precárias ou inexistentes (não disponibilizadas) e, entre essas informações, apenas as rotas tecnológicas puderam ser avaliadas quanto à sua completude informacional. Assim, este trabalho buscará mais detalhamento na amostra que seguirá descrita na parte de metodologia.

## 2.2 Sustentabilidade financeira

O conceito de sustentabilidade financeira na gestão de resíduos sólidos vem da abordagem de sustentabilidade que procura integrar as dimensões ambiental, econômica e social na tomada de decisão de projetos. No caso específico da gestão de resíduos sólidos, refere-se à necessidade de assegurar a viabilidade econômica e financeira dos sistemas de gestão de resíduos a longo prazo, por meio da geração de receitas suficientes para cobrir os custos operacionais e de investimento, e à busca de fontes sustentáveis de financiamento para a implementação de novas tecnologias e programas de gestão. Essa perspectiva procura assegurar que a gestão de resíduos sólidos seja ambientalmente sustentável, socialmente justa e economicamente viável a longo prazo (Hoornweg e Bhada-Tata, 2012).

A sustentabilidade financeira das operações de resíduos sólidos urbanos na América Latina varia de acordo com o país e a região. Alguns países fizeram progressos significativos na implementação de sistemas de tarifas sustentáveis e financiamento para o gerenciamento de resíduos sólidos, enquanto outros ainda enfrentam desafios na obtenção de recursos financeiros e na implementação de políticas públicas e regulação adequada. Em geral, há uma necessidade de melhorar a gestão e o financiamento de projetos de resíduos sólidos, tendo foco na sustentabilidade financeira a longo prazo e na adoção de tecnologias sustentáveis e eficientes.

Para Collazos e Duque (2003) a sustentabilidade dos projetos de gestão de água e resíduos sólidos está relacionada à capacidade de proporcionar benefícios contínuos, com um uso mínimo de recursos e conservação do meio ambiente, sobre a confluência de três grandes dimensões imersas nos contextos político, jurídico e institucional, conforme resumido a seguir.

- 1) Comunidade, constituída por seus habitantes, sua cultura e suas instituições e que estabelece as condições para suas demandas por bens e serviços ambientais.

**TEXTO para DISCUSSÃO**

- 2) Meio ambiente, no qual a comunidade vive, produz e gerencia seu desenvolvimento e que oferece seus recursos para uso racional.
- 3) Base de conhecimento, representada pela ciência e tecnologia orientada para a solução de problemas relacionados à vulnerabilidade e exposição ao risco (definida pela relação entre comunidade e meio ambiente), assim como à oferta e demanda de recursos por meio de serviços.

Na literatura global, alguns estudos recentes contribuíram para as discussões sobre a sustentabilidade financeira na gestão de resíduos sólidos. Correal e Laguna (2018) desenvolveram uma ferramenta para estimar os custos de coleta, transporte, triagem e embalagem de recicláveis com diferentes níveis de inclusão de organizações de catadores, e para identificar os custos e as receitas dos arranjos identificados.

Bartolacci *et al.* (2018) examinam a sustentabilidade financeira das atividades de gerenciamento de resíduos para entender se e como as escolhas e os fatores ambientalmente orientados influenciam as receitas e os custos das empresas de gerenciamento de resíduos, o que, por sua vez, afeta a sustentabilidade financeira e, portanto, a viabilidade delas.

Jucá, Barbosa e Sobral (2020) avaliaram quatro dimensões da sustentabilidade (social, ambiental, econômica e legal/institucional) utilizando indicadores de sustentabilidade para a gestão de RSU na Região Metropolitana (RM) de Recife, na região Nordeste do Brasil. Os autores demonstraram os avanços recentes relacionados ao fechamento de aterros sanitários, à redução da massa de RSU *per capita* coletada e ao aumento da taxa de cobertura da coleta de resíduos sólidos domiciliares.

Caicedo-Concha *et al.* (2021) avaliaram os impactos ambientais associados a um aterro sanitário na Colômbia, utilizando métodos de avaliação do ciclo de vida (ACV), com análise de cenários. Os autores demonstraram que a adoção de tecnologias de captura, queima e recuperação de energia deve ser considerada se há necessidade de reduções significativas de emissão de gases poluentes no setor de resíduos sólidos.

Correal e Rihm (2022) propuseram uma metodologia de análise de viabilidade para orientar os municípios e os tomadores de decisão na seleção de tecnologias de recuperação de resíduos de acordo com cada contexto local. Além disso, o estudo apresenta recomendações para políticas públicas e a incorporação de tecnologias na ALC.

Abu-Qdais, Shatnawi e Al-Shahrabi (2023) desenvolveram uma ferramenta para tomada de decisão para avaliar o impacto na estrutura tarifária gerado por políticas de economia circular e de alternativas *waste-to-energy* em países do Oriente Médio.

No Brasil, um desafio é a falta de investimento adequado em infraestrutura e tecnologia, o que leva a altos custos operacionais e baixas receitas com a venda de materiais recicláveis. Muitas regiões ainda dependem de lixões a céu aberto, que também implicam custos adicionais para o transporte e para a eliminação de resíduos. Ademais, a falta de um planejamento e gerenciamento adequados muitas vezes resulta na escassez de coleta de resíduos, o que afeta ainda mais a sustentabilidade financeira das operações (Brasil, 2022b).

A fim de alcançar sustentabilidade financeira na gestão de resíduos sólidos, é necessário estabelecer mecanismos de cobrança adequados e eficientes, bem como assegurar a viabilidade técnica e econômico-financeira dos investimentos. O planejamento e a gestão adequada dos recursos são essenciais para garantir a sustentabilidade financeira na gestão de resíduos sólidos. Uma das formas de inicialmente endereçar o planejamento de projetos de infraestrutura é por meio de seus cálculos de pré-viabilidade financeira.

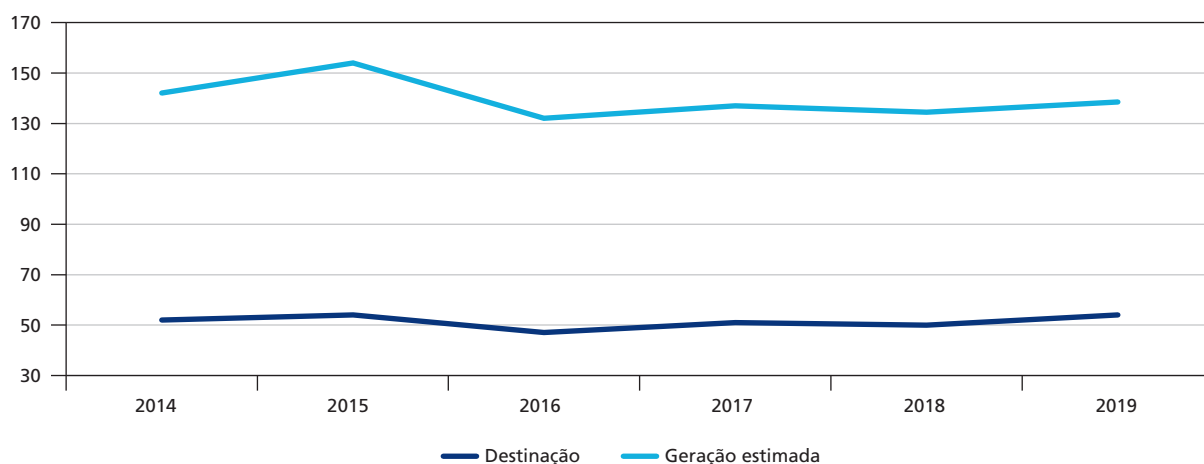
### 2.3 Impactos da gestão integrada de resíduos sólidos

Os impactos da gestão inadequada dos resíduos sólidos e da má limpeza urbana são notórios no cotidiano da população atingida, seja em relação à saúde pública e à qualidade ambiental, seja em relação à estética e ao turismo. Tais impactos são potencializados pela concentração de mais de 85% da população vivendo em áreas urbanas,<sup>7</sup> onde a infraestrutura e os serviços não acompanharam o ritmo de crescimento das cidades. Com a conscientização da importância do saneamento, a limpeza urbana e o gerenciamento de resíduos sólidos geram potenciais marcas da qualidade da administração pública e do desenvolvimento da população (Brasil, 2022b). O crescimento populacional, a intensificação das atividades humanas e a melhoria dos padrões de vida são responsáveis pelo aumento exponencial da quantidade de resíduos sólidos gerados e pela mudança de suas características, constituindo um problema significativo para as administrações públicas. Como fator agravante, o gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos desde a geração até a destinação final (por exemplo, em lixões a céu aberto ou mesmo em cursos d'água) pode resultar em riscos ambientais, sociais, econômicos e à saúde pública (Brasil, 2022b). Este descompasso entre geração e destinação final pode ser visto ao compararmos o nível de volume de resíduos gerados pelas atividades domésticas em residências urbanas, os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana (resíduos de limpeza urbana), ante os resíduos enviados à destinação final adequada, conforme podem ser observados pelo gráfico 3.

7. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 10 jan. 2023.

**GRÁFICO 3****Massa de resíduos sólidos urbanos gerada<sup>1</sup> e destinada por ano**

(Em t 1 milhão)



Fonte: Brasil (2021).

Nota: <sup>1</sup> Estimativa de geração baseada na média macrorregional de massa informada por municípios declarantes.

Silvestre *et al.* (2022) descrevem que o governo local no Brasil é responsável pela prestação de serviços em todos os tipos de serviços públicos. Embora os municípios não sejam necessariamente os produtores de tais serviços, eles podem autorizar a delegação de serviços em uma base contratual. Os serviços de saneamento e resíduos sólidos são direitos garantidos pela Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (CF/1988). A organização e a prestação dos serviços podem ser realizadas diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, sendo a titularidade dos serviços públicos de interesse local pertencente aos municípios, determinada no art. 30 da CF/1988 (Brasil, 2022b).

A partir da década de 1990, o desenvolvimento sustentável passou a ser objeto de discussão e ganhou notoriedade. O debate sobre práticas sustentáveis de GRSU surgiu no Brasil nos anos 2000, quando se começou a entender que a produção de resíduos também está ligada à renda, aos aspectos sociais, aos hábitos de vida e ao consumo da população (Simão, Nebra e Santana, 2021).

Em 2007, as diretrizes nacionais para o setor de saneamento já incorporavam princípios de sustentabilidade com a Lei nº 11.445/2007, que procurou abordar a prestação e a universalização dos serviços públicos de saneamento no país, incluindo as práticas de GRSU (Brasil, 2022b). Em 2010, a PNRS trouxe ainda mais ênfase aos aspectos de sustentabilidade, ao declarar como objetivo principal a não geração, a redução, o uso, a reciclagem e o tratamento de resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos (Brasil, 2022b).

Além da sustentabilidade ambiental, a disposição adequada de resíduos sólidos influencia um amplo conjunto de resultados em políticas públicas, com impactos econômicos, na produtividade, na educação e nos indicadores de saúde. Daly e Farley (2010) afirmam que a contaminação do meio ambiente e o acúmulo de materiais de alta entropia restringem o crescimento econômico. A emissão de gases poluentes é outra questão relevante que afeta a saúde da população local e tem impacto nas mudanças climáticas (Sanjeevi e Shahabudeen, 2015). O Brasil é o sétimo maior emissor de gases de efeito estufa (GEE) do mundo, com 2,17 bilhões de toneladas brutas de dióxido de carbono equivalente ( $tCO_2e$ ) em 2019 e 3,4% das emissões globais, de acordo com o SEEG (2020).

Saiani, Mendonça e Kuwahara (2020) discutem a gestão de resíduos sólidos utilizando uma perspectiva de impacto sobre o desenvolvimento humano (Sen, 2000; 2001; Nussbaum, 2011), relacionando como a falta de uma gestão adequada de resíduos pode atuar como uma restrição de liberdade, afetando a capacidade de fazer escolhas ao longo da vida. O gerenciamento adequado de resíduos sólidos também pode afetar o desempenho escolar das crianças e suas consequências na produtividade do mercado de trabalho (Cvjetanovic, 1986; Glewwe e Jacoby, 1995; Alderman *et al.*, 1997; Banerjee e Duflo, 2007).

De acordo com WHO (1999) e Epstein (2015), as doenças infecciosas têm como vetores protozoários como tripanossomíase, leishmaniose, ameba, ancilostomíase, ascaris, esquistossomose, oncocercose, entre outras, os quais, em geral, são transmitidos pela água contaminada de lixões e aterros controlados ou outro método de descarte que polua o abastecimento de água potável em águas subterrâneas ou superficiais.

Cook e Davíðsdóttir (2021) avançam na compreensão da relação entre medidas alternativas de bem-estar econômico, a economia do bem-estar e os ODS. Os autores apresentam um modelo conceitual que vincula quatro investimentos de capital a metas e domínios de bem-estar, os quais estão conectados aos ODS relacionados. É realizada uma avaliação sobre a extensão em que o produto interno bruto (PIB) e cinco indicadores alternativos de bem-estar econômico (produto interno líquido ajustado ao meio ambiente, medida de bem-estar econômico, poupança genuína, *genuine progress indicator* e *inclusive wealth index*) se alinham: i) às dimensões do bem-estar econômico; e ii) a várias metas ambientais, econômicas, sociais e institucionais estabelecidas pelos ODS.

Nascimento *et al.* (2021) estimaram os efeitos nos municípios envolvidos em consórcios públicos e como isso melhorou os resultados de indicadores de saúde da população. Eles usaram uma pesquisa dedutiva longitudinal-retrospectiva com estimativas de diferenças em diferenças (*difference-in-differences* – DiD). Em seu estudo,

os autores escolheram como variáveis dependentes as consultas ambulatoriais, o número de consultas de atenção primária à saúde e as mortes infantis. Por sua vez, os grupos das variáveis independentes foram definidos pelos autores como *características das comunidades, instituições políticas e estrutura das redes de políticas*. Por exemplo, na *característica das comunidades*, os autores reúnem características demográficas, econômicas, sociais e fiscais com as seguintes variáveis: i) transferências intergovernamentais totais divididas pela receita corrente total; ii) gastos com saúde *per capita*; iii) receitas tributárias totais divididas pela receita corrente total; e iv) despesas correntes totais, divididas pela receita corrente total. No grupo *instituições políticas*, o estudo lista: i) o número de funcionários da administração direta com curso superior; e ii) os municípios que se registraram para reeleição imediatamente antes da eleição. Por fim, no grupo *instituições políticas*, os autores indicam como variável o fato de o município participar ou não de outro consórcio público.

Bayer, Uranga e Fochezatto (2022) testaram a hipótese da presença da curva ambiental de Kuznets (CAK) e identificaram fatores ligados à produção de RSU *per capita* nos municípios brasileiros. Os resultados confirmam que os principais determinantes da produção de RSU estão relacionados aos contextos a seguir.

- 1) Municípios com maior densidade populacional apresentam maior produção relativa de RSUs.
- 2) Municípios turísticos possuem maior produção relativa de resíduos.
- 3) Municípios com coleta seletiva e com cobrança pelo serviço de coleta têm uma produção relativa menor de RSUs *per capita*.

Morel, Triaca e Souza (2016) já haviam realizado teste de hipótese em relação ao nível de renda e disposição de resíduos sólidos no Brasil, compreendendo 2.232 municípios brasileiros entre 2002 e 2012. Entre os resultados do estudo, os autores identificaram que, para cada aumento de 1% no PIB, há um potencial aumento na quantidade de resíduos sólidos *per capita* de aproximadamente 1,2% até um ponto de inflexão. Após vencer esse ponto, a quantidade de resíduos sólidos *per capita* diminui em cerca de 0,05%. Tais achados podem contribuir para a tomada de decisões de políticas públicas, quando observados sob a ótica de finanças públicas ou quando se busca entender a inter-relação entre qualidade ambiental e crescimento econômico.

Para países desenvolvidos, Magazzino e Falcone (2022) trazem um estudo diferenciado ao investigarem a relação causal entre a geração de RSU *per capita*, o nível de renda, a urbanização e as emissões de gases de efeito estufa (GEE) do setor de resíduos na Dinamarca, utilizando redes neurais artificiais e gerador espectral Breitung-Candelon

para entender como as variáveis, objeto do estudo, gerenciam e interagem em um ecossistema complexo, como o meio ambiente e os resíduos. Por meio de inúmeros testes em *machine learning*, os autores chegaram a resultados que demonstram como o crescimento econômico, identificado por mudanças no PIB *per capita*, afeta a aceleração e a velocidade do sinal neural com emissões de resíduos.

Outra literatura, mais técnica, realizada por instituições governamentais e bancos multilaterais, também relata a importância do tema do planejamento da GRSU.

O Plano Integrado de Longo Prazo da Infraestrutura (Pilpi), preparado pelo Comitê Interministerial de Planejamento da Infraestrutura (CIP-Infra),<sup>8</sup> divulgou um estudo de longo prazo, até 2050, para identificar as principais lacunas de investimento na infraestrutura brasileira. Conforme consta do documento, o objetivo do Pilpi é basicamente o de fornecer uma visão de longo prazo para orientar os investimentos em infraestrutura que envolva os seus diversos setores e atores, enfatizando qualidades ambientais, sociais e de governança dos projetos dos setores de infraestrutura, além de harmonizar as premissas e os cenários de longo prazo utilizados como base para o planejamento dos setores de infraestrutura.

Para RSUs, as estimativas partiram de necessidades de investimentos apontadas no Plano de Saneamento Básico (Plansab), de R\$ 13,6 bilhões para reposição e R\$ 15,1 bilhões para expansão da infraestrutura, além de associações do setor. A Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos e Efluentes (Abetre) e a Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública (ABLP) apontaram a necessidade de construção de 400 aterros sanitários para melhoria da disposição final adequada, com investimento de R\$ 15 bilhões. Já a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) apontou, como política de valorização energética, a precisão de construir plantas de coprocessamento de resíduos sólidos vinculados a fábricas de cimento, com custo de R\$ 3,5 bilhões até 2030 e outros R\$ 2,5 bilhões entre 2031 e 2050. Já a Associação Brasileira do Biogás (ABiogás) estimou que, para atingir o potencial de 1 GW de capacidade instalada por meio do gás de aterros sanitários, os investimentos devem ser na ordem de R\$ 6 e 9 bilhões, num horizonte de dez anos.

Mais recentemente, o Banco Interamericano de Investimento (BID), divulgou o relatório *Sostenibilidad financiera de la gestión de residuos sólidos em América Latina y el Caribe* (Correal *et al.*, 2023). O relatório tem como objetivo avaliar a estrutura de custos

8. Comitê que abrange representantes da Casa Civil, da Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos da Presidência, dos ministérios da Economia; da Infraestrutura; de Minas e Energia (MME); das Comunicações; da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI); do Meio Ambiente (MMA); da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR); e da Controladoria-Geral da União (CGU).

do serviço e a estimativa dos recursos financeiros necessários para o cumprimento dos ODS definidos pela ONU. No documento, o mesmo diagnóstico é dado para a realidade da América Latina: a falta de informações e de dados atualizados torna difícil definir planos, estratégias e orçamentos para o setor. Por conta disso, o estabelecimento de metas ou estimativas dos recursos necessários para universalizar a coleta de resíduos, garantir a disposição final adequada e aumentar a recuperação tornam-se verdadeiros desafios para os gestores públicos.

Como metodologia, Correal *et al.* (2023) determinaram indicadores-chave e metas de melhoria no setor até 2030, baseadas nos ODS associados à gestão integrada de resíduos sólidos, no caso a meta 6 do objetivo 11, *Cidades e comunidades sustentáveis*;<sup>9</sup> metas 3 e 5 do objetivo 12, *Consumo e produção responsáveis*;<sup>10</sup> e meta 1 do objetivo 14, *Vida na água*.<sup>11</sup> Especificamente, em termos de investimento, os recursos aumentariam a taxa de recuperação de resíduos de 4% para 30%; reduziriam a quantidade de resíduos dispostos em lixões abertos e locais não autorizados de 39% para 5%; e aumentariam a taxa de cobertura de coleta de 95% para 99% em áreas urbanas e de 75% para 88% em áreas rurais. Assim, a disposição em aterros sanitários diminuiria de 57% para 46% dos resíduos gerados.

Os resultados indicam que, para a ALC, é necessária uma média de US\$ 13,4 bilhões por ano para atingir as metas de 2030. Destes, US\$ 2,8 bilhões são para Capex; US\$ 10 bilhões são para Opex e manutenção; e os US\$ 600 milhões restantes são para fortalecimento institucional. Assim, a região precisará de uma estimativa de US\$ 34 bilhões nos próximos oito anos para atingir tais metas. Para o Brasil especificamente, os valores médios de investimento ao longo de dez anos (2021-2030), são de US\$ 1.012,5 para o Capex e US\$ 3.550,8 para o Opex, totalizando R\$ 231,8 bilhões, uma média de R\$ 110 por habitante ao ano, considerando custos para melhorias institucionais.

Em complemento aos aspectos apresentados sobre potenciais impactos socioeconômicos e macroeconômicos da gestão integrada de RSUs, a avaliação de indicadores de bem-estar econômico, acompanhada dos parâmetros tradicionais de atividade como o PIB e conjuntos de parâmetros de bem-estar emergentes, tem o potencial de fornecer

9. Até 2030, reduzir o impacto ambiental adverso *per capita* das cidades, inclusive prestando atenção especial à qualidade do ar e à gestão de resíduos municipais e outros.

10. Até 2030, reduzir à metade o desperdício alimentar global *per capita* no varejo e no consumidor e reduzir as perdas de alimentos ao longo das cadeias de produção e fornecimento, incluindo as perdas pós-colheita; e até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos através da prevenção, redução, reciclagem e reutilização.

11. Até 2025, prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, em particular de atividades em terra, incluindo detritos marinhos e poluição por nutrientes.

uma avaliação econômica altamente diferenciada da comodidade econômica de uma nação. Além disso, à luz da crise da covid-19 em 2020 e da recessão global emergente, são necessários estudos de fôlego pela comunidade acadêmica para articular ferramentas de modelagem e a revisão de pressupostos econômicos para mitigar os impactos potencialmente negativos para o bem-estar econômico, mantendo a possibilidade de cumprir a visão transformadora das Nações Unidas para 2030.

Nesse sentido, este estudo contribui ao trazer a relevância da aplicação de ferramentas *ex-ante* de viabilidade de consórcios de RSUs e ao analisar os potenciais impactos socioeconômicos, a partir da formação de consórcios de RSUs por iniciativas de políticas públicas em resíduos sólidos para o Brasil.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Pré-viabilidade de projetos

Este estudo se baseia na aplicação de uma ferramenta de avaliação de modelos de pré-viabilidade econômico-financeira de projetos de infraestrutura, o EMPMRAR. De forma resumida, esses tipos de estudo são decorrentes de planos estratégicos ou de compromissos assumidos por motivações de políticas governamentais. As dimensões-chave da definição de conceitos e estudos prévios de viabilidade estão relacionadas a: i) estudos preliminares de mercado e avaliação de demanda; ii) desenho de alternativas técnicas; iii) estimativas de custos de capital; iv) custos operacionais; v) fluxos de receitas potenciais; e vi) análise preliminar de fontes de financiamento para o projeto. Um detalhamento que vá além dos pressupostos elencados pode conflitar com as estruturas internas de gestores públicos regionais, que muitas vezes não estão preparados para conduzir planos estratégicos de longo prazo, além de arranjos estratégicos regionais (GI Hub, 2018).

Ademais, a modelagem de pré-viabilidade contribui para a priorização, identificação de requisitos para qualificação econômico-financeira, mapeamento preliminar de premissas e critérios para o planejamento de longo prazo. Para avaliação de todo o ciclo de vida do projeto, a modelagem precisará ser mais robusta para estruturação e elaboração do contrato. Os modelos mais robustos e completos passam pela definição de inúmeros requisitos.

A análise de pré-viabilidade econômico-financeira de consórcios, realizada neste estudo, prezou pela aplicação da metodologia do fluxo de caixa descontado (FCD), que pressupõe que a dinâmica entre as entradas e saídas de caixa (FC) no longo prazo cheguem a um saldo positivo quando analisados no mesmo momento no tempo.

O modelo busca como função-objetivo obter a tarifa mínima, que permita o valor presente líquido (VPL) ser igual a zero, dada uma taxa interna de retorno estimada. Este é o mesmo princípio de cálculo da taxa interna de retorno (TIR). Ao simular cada consórcio na rota tecnológica nível 2, o modelo traz como resposta, portanto, uma tarifa de referência que permite ao consórcio ser sustentável financeiramente (cobertura de custos e investimentos pelas receitas).

A TIR nesse caso, assim como a tarifa estimada, representa uma referência para fins de análise de pré-viabilidade do projeto. A TIR continua sendo interpretada como a taxa de retorno esperada do projeto. No caso deste estudo, após a estimativa da taxa de desconto, esta passa a ser a própria TIR do projeto. Para viabilizar o cálculo, a tarifa média deve ser igual ao somatório de custos, despesas e investimentos ( $I$ ) a cada período, para que, ao ser multiplicada de forma ponderada pelo montante de resíduos, coletados, transportados e valorizados, finalmente se atinja o VPL zero do projeto.

### 3.2 Considerações da metodologia do EMPMRAR e dados utilizados

Conforme explicitado na introdução, este estudo tem como embasamento o EMPMRAR, uma ferramenta criada para determinar o valor tarifário mínimo a ser cobrado pelos serviços de gestão de RSUs em arranjos consorciados municipais críticos. A metodologia considera as metas estabelecidas pelo Planares e abrange diversas rotas tecnológicas, como coleta de recicláveis, transbordo, triagem, compostagem, incineração, entre outras. O objetivo principal é identificar o valor tarifário que viabilize economicamente a gestão de RSUs, considerando as limitações e metas dos arranjos consorciados.

Para o desenvolvimento do EMPMRAR, foram utilizados dados de várias fontes, como a Confederação Nacional dos Municípios (CNM), o Sinir e o IBGE. Além disso, foram considerados relatórios técnicos, estudos acadêmicos e normativos relacionados à gestão de RSUs. A ferramenta incorporou um algoritmo de otimização de distâncias médias rodoviárias entre municípios, priorizando a localização de centros de transbordo conforme PIB *per capita* e geração estimada de resíduos. Adicionalmente, a metodologia também envolveu a validação dos dados por especialistas, estimativa de gravimetria para cada rota tecnológica, levantamento de Opex e Capex e entrevistas com associações do setor de RSUs.

Levando em consideração o rigor metodológico construído para o EMPMRAR, a ferramenta gerada permite a simulação de diferentes cenários de arranjos regionais, com soluções otimizadas para a gestão de resíduos com base em parâmetros fidedignos, permitindo assim a projeção de racionais financeiros para cada arranjo regional avaliado. Entre esses racionais, incluem-se balanço patrimonial, demonstração

de resultados e fluxo de caixa, bem como a definição da tarifa e seus indicadores econômico-financeiros, como TIR e VPL, de modo a garantir que as operações sejam financeiramente sustentáveis ao longo de 35 anos, período considerado para a vida útil das rotas tecnológicas.<sup>12</sup>

### 3.3 Definindo a amostra

Conforme já apresentado na subseção 2.1, entre o universo de 240 consórcios públicos de RSU, um total de 187 não apresentaram plano municipal ou regional e não se encontram operacionais. Dos que apresentaram plano, 42 consórcios puderam ser avaliados como ativos e em operação (Brasil, 2022b).

Ainda assim, apesar de muitos consórcios estarem habilitados, grande parte não está em operação. Entre os consórcios operacionais, cada um possui particularidades que estão relacionadas a fatores econômicos, sociais e territoriais que influenciam diretamente a gestão integrada de resíduos sólidos. Assim, em meio à pesquisa, verificou-se a indisponibilidade de informações sobre as rotas tecnológicas dos consórcios de gestão de resíduos sólidos. Diante dessa lacuna identificada, foi necessário realizar uma coleta de informações em nível primário no período de 11 de abril de 2022 a 20 de julho de 2022, quando foram analisados alguns consórcios públicos e com os quais foram realizados contatos diretos por meio telefônico e *e-mail*.

Nessa etapa, foi realizado um levantamento das informações secundárias via *site* do consórcio, pesquisas na internet e acesso ao Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PIGIRS), quando disponíveis. Muitas informações colhidas em *sites* não eram detalhadas quanto à operação do manejo pelo consórcio, assim como foram observadas defasagens nos PIGIRS.

Dos 42 consórcios com PIGIRS, em dezoito deles foi necessário realizar uma pesquisa mais aprofundada sobre a operação, e observou-se que estes não apresentavam rotas tecnológicas completas para atender às metas do Planares. Os dezoito consórcios passaram a fazer parte deste estudo, para os quais foram avaliados os custos e investimentos necessários para se adequarem e atingirem as metas do Planares a partir da rota tecnológica nível 2, proposta pelo EMPMRAR (Brasil, 2022b), que é utilizada para fins metodológicos.

Em função dos aspectos expostos, os resultados obtidos precisaram ser vistos com atenção às premissas a seguir.

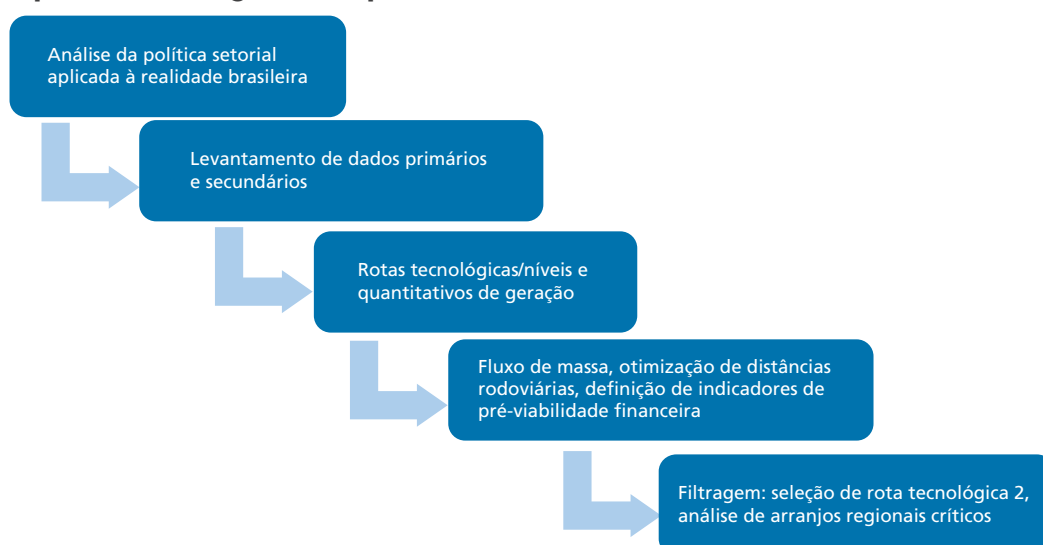
12. O apêndice B detalha de forma meticulosa a metodologia do EMPMRAR.

**TEXTO para DISCUSSÃO**

- 1) Os consórcios ativos são os que demonstraram Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ) em situação cadastral “ativo”. A maioria dos consórcios identificados tem competência para atuar em manejo de resíduos sólidos, mas apenas dispõem de instrumentos como planos e/ou se encontram em fase de estruturação.
- 2) As informações disponíveis/localizadas, em muitos casos, não permitiram identificar a completa atuação dos consórcios, especialmente nos consórcios multifinalitários.
- 3) Em função de ano-referência distintos entre as bases de dados utilizadas, alguns dados podem apresentar defasagem.
- 4) Os dados foram obtidos por fontes secundárias e, dessa forma, dados não relatados ou consórcios existentes não elencados podem apenas estar indisponíveis nas bases de dados consultadas.

Realizado esse diagnóstico sobre a realidade desses dezoito consórcios, a análise de resultados e a extrapolação das informações para a realidade brasileira serão feitas na seção subsequente. Por fim, um resumo das etapas metodológicas pode ser observado na figura 1.

**FIGURA 1**  
**Etapas metodológicas simplificadas**



Elaboração dos autores.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 240 consórcios públicos com atividades de RSU identificados inicialmente, entre unifinalitários e multifinalitários, verificou-se que a dispersão destes é relativamente grande, uma vez que há representatividade em 22 Unidades da Federação (UFs) do país. Apenas nos estados do Amazonas, do Acre, de Amapá, de Roraima e o Distrito Federal não foram identificados arranjos consorciados. Já para a amostra dos dezoito consórcios escolhidos para análise, a configuração da dispersão ficou concentrada principalmente nos estados do Sudeste e Nordeste, e totalizou uma população de cerca de 6,6 milhões de habitantes. Os consórcios escolhidos são descritos na tabela 2.

**TABELA 2**  
Consórcios públicos selecionados para análise

Consórcio <sup>1</sup>	População	Porte	Estado	Região
Crerssal	161.739	Até 250.000	Alagoas	Nordeste
Conagreste	654.356	De 500.001 a 1.000.000	Alagoas	Nordeste
Corszam	262.243	De 250.001 a 500.000	Alagoas	Nordeste
Conorte	175.122	Até 250.000	Alagoas	Nordeste
Comares-UCV	240.153	Até 250.000	Ceará	Nordeste
Convale	80.661	Até 250.000	Ceará	Nordeste
Cores-Cariri Oriental	217.621	Até 250.000	Ceará	Nordeste
Condoeste	503.557	De 500.001 a 1.000.000	Espírito Santo	Sudeste
Cigedas	232.705	Até 250.000	Minas Gerais	Sudeste
Coresab	310.428	De 250.001 a 500.000	Minas Gerais	Sudeste
Codanorte	1.289.576	Acima de 1.000.000	Minas Gerais	Sudeste
Cisan Central-RO	375.314	De 250.001 a 500.000	Rondônia	Norte
Cipae G8	43.090	Até 250.000	Rio Grande do Sul	Sul
Cigamerios	108.283	Até 250.000	Santa Catarina	Sul
Cirsop	418.261	De 250.001 a 500.000	São Paulo	Sudeste
Cisbra	309.004	De 250.001 a 500.000	São Paulo	Sudeste

(Continua)

## TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

Consórcio <sup>1</sup>	População	Porte	Estado	Região
Consimares	921.214	De 500.001 a 1.000.000	São Paulo	Sudeste
Consab	281.754	De 250.001 a 500.000	São Paulo	Sudeste
<b>Total</b>	<b>6.585.081</b>	-	-	-

Elaboração dos autores.

Nota: <sup>1</sup> O nome completo dos consórcios encontra-se no apêndice A deste estudo.

Um ponto importante a se ressaltar é que, apesar da não divulgação de rota tecnológica completa em seus PIGIRS, os estados mostram mobilização para realizarem o consorciamento, estratégia muito adotada para realizar a regionalização das políticas de saneamento e resíduos sólidos em seus estados (Cattani, 2023), sendo um dos motivos de repetição dos estados na lista selecionada.

### TABELA 3

#### Concentração dos consórcios públicos selecionados por região

Porte	Nordeste (%)	Norte (%)	Sudeste (%)	Sul (%)	Total geral (%)
Até 250.000	62,5	-	12,5	25,0	100,0
De 250.001 a 500.000	16,7	16,7	66,7	-	100,0
De 500.001 a 1.000.000	33,3	-	66,7	-	100,0
Acima de 1.000.000	-	-	100,0	-	100,0
Total (%)	38,9	5,6	44,4	11,1	100,0

Elaboração dos autores.

Com relação à comparação por porte, a maior parte dos consórcios ficou concentrada na categoria de pequeno porte (até 250 mil habitantes) e de 250.001 até 500 mil habitantes (44,4% e 33,3%, respectivamente), os quais apresentam população de até 500 mil habitantes, sendo o porte populacional de até 250 mil habitantes o predominante sobre as demais faixas. O aumento da escala tende a contribuir para as melhorias de sustentabilidade financeira de prestação dos serviços. A tabela 4 resume a comparação.

**TABELA 4****Concentração dos consórcios públicos selecionados por porte**

Porte	Nordeste (%)	Norte (%)	Sudeste (%)	Sul (%)	Total geral (%)
Até 250.000	71,4	0,0	12,5	100,0	44,4
De 250.001 a 500.000	14,3	100,0	50,0	0,0	33,3
De 500.001 a 1.000.000	14,3	0,0	25,0	0,0	16,7
Acima de 1.000.000	0,0	0,0	12,5	0,0	5,6
Total (%)	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Elaboração dos autores.

Com relação aos dados agregados dos consórcios selecionados, as informações financeiras dos indicadores de pré-viabilidade evidenciam os valores de investimento a serem realizados ao longo do critério de 35 anos, valor referencial para uma concessão comum na prática contemporânea utilizado como premissa do estudo referencial do ME (Brasil, 2022b).

Começando pela avaliação do Opex médio, temos um total de R\$ 1,6 bilhão, dispostos nas etapas configuradas para execução da rota 2 da ferramenta de pré-viabilidade do EMPMRAR, conforme a tabela 5.

**TABELA 5****Opex médio: 35 anos**

(Em R\$ 1 milhão)

Coleta de mistos	363,7
Coleta de recicláveis	255,7
Transbordo	170,1
Triagem manual da coleta seletiva de secos	-
Segregação mecanizada da fração orgânica	246,6
Compostagem	224,6
Aterro sanitário	356,0
<b>Total</b>	<b>1.616,72</b>

Elaboração dos autores.

Obs.: Os valores de Opex para *Triagem manual da coleta seletiva de secos* estão zerados devido à premissa de modelagem financeira de que cooperativas assumem esse serviço.

Já para as informações de Capex, a média estimada de investimento é de R\$ 113,6 milhões por consórcio público. Considerando as séries sequenciais de reinvestimento, o valor é um pouco maior, de R\$ 173 milhões. A tabela 6 resume as informações.

### TABELA 6

#### Capex médio: 35 anos

(Em R\$ 1 milhão)

Coleta de mistos	24,15
Coleta de recicláveis	3,97
Transbordo	5,85
Triagem manual da coleta seletiva de secos	18,99
Segregação mecanizada da fração orgânica	9,38
Compostagem	37,13
Aterro sanitário	14,17
Total médio	113,62
Reinvestimento médio	59,39
Total com reinvestimento	173,01

Elaboração dos autores.

Obs.: Os valores de Capex para *Triagem manual da coleta seletiva de secos* são positivos devido à premissa de modelagem financeira de que o investimento é feito inicialmente pelo consórcio e, após isso, as cooperativas assumem investimentos de manutenção.

Em termos tarifários médios, temos uma tarifa média por habitante mensal de R\$ 17,98. Vale a pena ressaltar que tanto no estudo do ME (Brasil, 2022b) como neste estudo, não há avaliação de uma estrutura tarifária e consequentes subsídios cruzados que poderiam ser usados para barateamento da tarifa residencial, principalmente. Adicionalmente, a ferramenta projeta uma tarifa considerando rotas tecnológicas completas desde a coleta – esta, por sua vez, dificilmente incorporada em cálculos de concessão. Portanto, o valor médio por habitante é apenas uma referência comum para análise de todos os consórcios avaliados (tabela 7).

**TABELA 7****Tarifa por tecnologia**

(Em R\$ 1 por habitante ao mês)

Coleta de mistos	3,55
Coleta de recicláveis	1,86
Transbordo	2,04
Triagem manual da coleta de secos	0,78
Segregação mecanizada da fração orgânica	1,59
Compostagem	3,77
Aterro sanitário	4,39
<b>Total</b>	<b>17,98</b>

Elaboração dos autores.

Em termos de estrutura de custos médios, levando em consideração a depreciação e os reinvestimentos do Capex, temos uma divisão média de 26% dos custos de Capex e 74% do restante para Opex, evidenciando a intensidade em mão de obra dos investimentos do setor de resíduos sólidos.

Para os valores consolidados, os dezoito consórcios somam R\$ 32,2 bilhões, sendo os valores do Opex total de R\$ 29,1 bilhões e do Capex (considerando o reinvestimento) de R\$ 3,1 bilhões (tabela 8).

**TABELA 8****Valor somado dos dezoito consórcios públicos analisados: 35 anos**

(Em R\$ 1 milhão)

Valores totais	
Opex total	29.100,91
Opex médio (dezoito consórcios)	1.616,72
Capex total	2.045,18
Capex médio (dezoito consórcios)	113,62
Capex com reinvestimento total	3.114,16
Capex médio com reinvestimento (dezoito consórcios)	173,01
Total investimento	32.215,08

Elaboração dos autores.

## TEXTO para DISCUSSÃO

Por fim, como contribuição ao debate, algumas extrapolações podem ainda ser derivadas deste estudo. Ao considerarmos os custos totais dos consórcios da amostra, dividindo pelo total da população atendida (6.585.081), temos um valor por habitante total de R\$ 4.892,19 milhões, sendo Opex de R\$ 4.419,27 milhões e Capex de R\$ 472,92 milhões ao longo de 35 anos.

Assim, os valores são considerados como referenciais para o custo de implementação da rota tecnológica nível 2 deste estudo, a qual contempla o objetivo de instituir uma destinação final adequada, em acordo com as metas do Planares. Assim sendo, conseguimos uma estimativa de investimento para solucionar o manejo inadequado de resíduos sólidos no país ao multiplicarmos pelo valor da população – cerca de 46 milhões de pessoas, que até este momento residem em locais cuja destinação final ainda é ambientalmente inadequada.<sup>13</sup>

Esse valor totaliza R\$ 225 bilhões em investimentos a serem realizados até 2058 (horizonte de investimento das concessões com tarifa comum), sendo Opex de R\$ 203,2 bilhões e Capex de R\$ 21,7 bilhões. Em termos por habitante, tem-se R\$ 6,4 bilhões, dos quais R\$ 5,808,19 bilhões e R\$ 0,6 bilhão são divididos entre Opex e Capex, respectivamente. A tabela 9 resume a extrapolação realizada.

### TABELA 9

#### Cálculo da extrapolação do estudo para regiões do Brasil com destinação final inadequada

(Em R\$ 1 milhão)

(A) Valor somado (amostra dezoito consórcios)	
Opex total	29.100,91
Capex total	3.114,16
Total do investimento	32.215,08
(B) Investimento por habitante (amostra) – 35 anos	
Opex total	4.419,27
Capex total	472,92
Total do investimento	4.892,19
(C) Investimento por habitante da amostra – por ano (2023-2058)	
Opex total	126,26
Capex total	13,51
Total do investimento	139,78

(Continua)

13. Considerou-se aqui neste estudo apenas os municípios declarantes do sistema do Sinir. Disponível em: <https://sinir.gov.br/paineis/destinacao/>. Acesso em: 10 jan. 2023.

(Continuação)

(A) x população em locais com destinação final inadequada	
Opex total	203.286,55
Capex total	21.754,22
Total do investimento	225.040,77
(C) x população em locais com destinação final inadequada – por ano (2023-2058)	
Opex total	5.808,19
Capex total	621,55
Total do investimento	6.429,74

Elaboração dos autores.

Por fim, ressalta-se que esses são apenas consórcios públicos que não possuem rotas tecnológicas completas divulgadas na pesquisa realizada pelo estudo do ME (Brasil, 2022b). Não há avaliação, portanto, de estruturas reais existentes, como a presença de um aterro sanitário funcional, ou ainda, de equipamentos de valorização energética, entre outras estruturas. Assim, trata-se de um exercício que estima, teoricamente, os custos da implementação da rota tecnológica nível 2 sugerida pelo estudo do ME (Brasil, 2022b) em consórcios públicos que já possuem PIGIRS, portanto avançados para iniciarem a operacionalização do manejo de RSUs em suas localidades.

## 5 CONCLUSÕES E ORIENTAÇÕES PARA POLÍTICAS PÚBLICAS

Conforme proposto por Cattani (2023), a estruturação de consórcios públicos para resolução de problemas derivados da má implementação de políticas públicas no manejo de resíduos sólidos deve ser incentivada, uma vez que os efeitos de economicidade dos recursos orçamentários são visíveis e o controle de diversas doenças é mitigado por meio desse tipo de organização.

Nesse sentido, o exercício de extrapolação de dados para identificação das necessidades de investimento em localidades com destinação ambiental inadequada traz uma das aplicabilidades derivadas da ferramenta desenvolvida pelo ME (Brasil, 2022b). Apesar das limitações de premissas e da generalização de informações para cálculos obtidos, entende-se que, no âmbito de debater estratégias e identificar prioridades de políticas públicas para melhoria da política do manejo de resíduos sólidos, este estudo pode ser uma referência válida para discussão de gestores públicos.

O exercício deste estudo para a amostra em questão foi elucidativo no sentido de exemplificar um montante de investimentos a ser realizado em arranjos regionais funcionais, no caso, por meio da estruturação de consórcios públicos de RSU. Ressalta-se

## TEXTO para DISCUSSÃO

também que este estudo é tratado ainda como uma estimativa conservadora, uma vez que o modelo-padrão de rota tecnológica adotada do EMPMRAR é a rota 2, sem grandes complexidades tecnológicas.

De toda forma, este estudo está em linha com trabalhos recentes que estimaram o montante de investimento para o setor de RSUs, como o Plano Integrado de Longo Prazo para a Infraestrutura (Pilpi), ou ainda, com estudos mais aprofundados, como os elaborados pelo BID (Correal *et al.*, 2023).

Como contribuição, este estudo complementa os achados já desenvolvidos no próprio estudo-base, EMPMRAR, uma vez que vai além da identificação dos consórcios sem rota tecnológica completa, trazendo empiricamente uma contribuição por meio da sugestão de uma rota tecnológica que tem como principal objetivo o enquadramento da destinação final adequada para os consórcios em questão, tornando-se um novo parâmetro para gestores públicos e acadêmicos.

Por fim, considera-se que foi atingido o objetivo principal deste estudo, o de estimar os investimentos necessários para viabilizar consórcios públicos de RSUs em regiões onde não há ainda destinação final adequada, uma vez que traz à tona considerações para aplicação de uma rota tecnológica minimamente viável para cumprimento da principal norma referencial de políticas públicas destinadas ao tratamento de RSUs, o Planares.

## REFERÊNCIAS

ABRELPE – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**: 2022. São Paulo: Abrelpe, dez. 2022. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7758785/mod\\_resource/content/1/Panorama\\_Abrelpe\\_2022.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7758785/mod_resource/content/1/Panorama_Abrelpe_2022.pdf). Acesso em: 15 dez. 2022.

ABRUCIO, F. L.; FRANZESE, C.; SANO, H. Coordenação e cooperação no federalismo brasileiro: avanços e desafios. In: CARDOSO JUNIOR, J. C. (Coord.). **Estado, instituições e democracia**: república. Brasília: Ipea, 2010. v. 1, p. 177-212.

ABU-QDAIS, H. A.; SHATNAWI, N.; AL-SHAHRABI, R. Modeling the impact of fees and circular economy options on the financial sustainability of the solid waste management system in Jordan. **Resources**, v. 12, n. 3, p. 1-16, 2023.

ALDERMAN, H. *et al.* **Child nutrition, child health and school enrollment**: a longitudinal analysis. Washington: World Bank, jan. 1997. (Policy Research Working Paper, n. 1700).

BANERJEE, A. V.; DUFLO, E. The economic lives of the poor. **Journal of Economic Perspectives**, v. 21, n. 1, p. 141-168, 2007.

BARTOLACCI, F. *et al.* Assessing factors that influence waste management financial sustainability. **Waste Management**, v. 79, p. 571-579, 2018.

BAYER, N. M.; URANGA, P. R. R.; FOCHEZATTO, A. A curva ambiental de Kuznets na produção de resíduos sólidos domiciliares nos municípios brasileiros, 2011-2015. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 31, n. 1, p. 129-142, jan.-abr. 2022.

BRASIL. Lei nº 12.305/2010, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 147, p. 3, 3 ago. 2010. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 10 jan. 2023.

BRASIL. Lei nº 14.026/2020, 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, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 135, p. 1, 16 jul. 2020a. Seção 1. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>. Acesso em: 10 jan. 2023.

BRASIL. Nota Técnica Conjunta nº 1/2020/SPPI/MMA/Funasa. **Diretrizes para a estruturação de projetos relacionados ao manejo dos resíduos sólidos urbanos no âmbito do Fundo de Apoio à Estruturação e ao Desenvolvimento de Projetos de Concessão e Parcerias Público-Privadas (FEP) da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios**. Brasília: MDR, 2020b.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. **Diagnóstico temático manejo de resíduos sólidos urbanos: visão geral – ano de referência 2020**. Brasília: SNS/MDR, 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO\\_TEMATICO\\_VISAO\\_GERAL\\_RS\\_SNIS\\_2021.pdf](https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_RS_SNIS_2021.pdf). Acesso em: 10 jan. 2023.

BRASIL. Decreto nº 10.936/2022, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 12 jan. 2022a. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.936-de-12-de-janeiro-de-2022-373573578>. Acesso em: 10 jan. 2023.

BRASIL. Ministério da Economia. **Metodologia para modelagem de projetos de manejo de resíduos sólidos urbanos em arranjos regionais**. São Paulo; Fortaleza: Pezco Economics, 10 nov. 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/>

choque-de-investimento-privado/investimentos-em-residuos-solidos/guia-da-ferramenta-modelagem-de-projetos-de-manejo-de-rsu-em-arranjos-regionais. Acesso em: 5 jan. 2023.

CAICEDO-CONCHA, D. M. *et al.* An evaluation of final disposal alternatives for municipal solid waste through life cycle assessment: a case of study in Colombia. **Cogent Engineering**, v. 8, n. 1, p. 1-17, 2021.

CATTANI, Y. N. **Institutionalism and intergovernmental cooperation**: a discussion about public consortia and the jurisdiction conflict in Brazilian public services. 2023. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Administração, Escola Superior de Propaganda e Marketing, São Paulo, 2023.

CATTANI, Y. N.; IGREJAS, R. **Casos de estudio en la gestión pública y privada de residuos**: un enfoque en la sostenibilidad financiera. Washington: BID, 2024.

COLLAZOS, H.; DUQUE, R. **Análisis regional de los instrumentos económicos para el manejo integral de residuos sólidos en América Latina y el Caribe**: estudio de caso del manejo integral de residuos sólidos en Montebello, Antioquia. Washington: BID, 2003. (Documento de trabajo).

COOK, D.; DAVÍÐSDÓTTIR, B. An appraisal of interlinkages between macro-economic indicators of economic well-being and the sustainable development goals. **Ecological Economics**, v. 184, n. 1, p. 1-11, 2021.

CORREAL, M.; LAGUNA, A. **Estimación de costos de recolección selectiva y clasificación de residuos con inclusión de organizaciones de recicladores**: herramienta de cálculo y estudios de caso en América Latina y el Caribe. Washington: BID, maio 2018. (Nota Técnica BID, n. 1433).

CORREAL, M. C.; RIHM, J. A. **Hacia la valorización de residuos sólidos en América Latina y el Caribe**: conceptos básicos, análisis de viabilidad y recomendaciones de políticas públicas. Washington: BID, jan. 2022. (Nota Técnica BID, n. 2402).

CORREAL, M. C.; RIHM, J. A.; ZAMBRANO, M. De desechos a recursos: gestión de residuos sólidos para el desarrollo. **BID**, 20 maio 2021. Disponível em: <https://blogs.iadb.org/agua/es/desechos-a-recursos-gestion-residuos-solidos/>.

CORREAL, M. C. *et al.* **Sostenibilidad financiera de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe**. Washington: BID, mar. 2023. (Nota Técnica BID, n. 2663).

CVJETANOVIC, B. Health effects and impact of water supply and sanitation. **World Health Statistics Quarterly**, v. 39, n. 1, p. 105-117, 1986.

DALY, H. E.; FARLEY, J. (Ed.). **Ecological economics: principles and applications**. 2. ed. Washington: Island Press, 2010.

EPSTEIN, E. (Ed.). **Disposal and management of solid waste: pathogens and diseases**. Nova York: CRC Press, 2015.

FLICK, U. Triangulation in qualitative research. *In*: FLICK, U.; KARDORFF, E. von; STEINKE, I. (Ed.). **A companion to qualitative research**. Londres: Sage, 2004. p. 178-183.

GIHUB – GLOBAL INFRASTRUCTURE HUB. **Leading practices in governmental processes facilitating infrastructure project preparation**. Washington: GI Hub; Bombaim: Crisil, jan. 2018. Disponível em: <https://www.gihub.org/resources/publications/leading-practices-in-governmental-processes-facilitating-infrastructure-project-preparation/>. Acesso em: 10 jul. 2022.

GLEWWE, P.; JACOBY, H. G. An economic analysis of delayed primary school enrollment in a low-income country: the role of early childhood nutrition. **The Review of Economics and Statistics**, v. 77, n. 1, p. 156-169, 1995.

HOORNWEG, D.; BHADA-TATA, P. **What a waste: a global review of solid waste management**. Washington: World Bank, mar. 2012. (Urban Development Series Knowledge Papers, n. 15).

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos**. Brasília: Ipea, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/7633>. Acesso em: 5 dez. 2022.

JUCÁ, J. F. T.; BARBOSA, K. R. M.; SOBRAL, M. C. Sustainability indicators for municipal solid waste management: a case study of the Recife Metropolitan Region, Brazil. **Waste Management and Research**, v. 38, n. 12, p. 1450-1454, 2020.

JUNQUEIRA, A. T. Consórcio intermunicipal, um instrumento de ação. **Revista Cepam**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 29-36, 1990.

MAGAZZINO, C.; FALCONE, P. M. Assessing the relationship among waste generation, wealth, and GHG emissions in Switzerland: some policy proposals for the optimization of the municipal solid waste in a circular economy perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 351, p. 1-14, 2022.

MOREL, B. L. G.; TRIACA, L. M.; SOUZA, O. T. de. Desenvolvimento econômico e a disposição de resíduos sólidos no Brasil: um teste da hipótese da Curva Ambiental de Kuznets (CKA) para os municípios brasileiros. **Revista Espacios**, v. 37, n. 17, p. 129-142, 2016.

NASCIMENTO, A. B. F. M. do *et al.* Cooperação intermunicipal baseada no Institutional Collective Action: os efeitos dos consórcios públicos de saúde no Brasil. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 55, n. 6, p. 1369-1391, nov.-dez. 2021.

NUSSBAUM, M. C. **Creating capabilities**: the human development approach. Cambridge, Estados Unidos: Harvard University Press, 2011.

PASSARINI, F. *et al.* Indicators of waste management efficiency related to different territorial conditions. **Waste management**, v. 31, n. 4, p. 785-792, 2011.

PLATA-DÍAZ, A. M. *et al.* Alternative management structures for municipal waste collection services: the influence of economic and political factors. **Waste Management**, v. 34, n. 11, p. 1967-1976, 2014.

PROBST, M. F. **A gestão associada de serviços públicos no sistema constitucional tributário**: a instituição, fiscalização e cobrança de taxa no âmbito dos consórcios públicos. 2018. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Direito, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

ROBEYNS, I. The capability approach: a theoretical survey. **Journal of Human Development and Capabilities**, v. 6, n. 1, p. 93-117, 2005.

SAIANI, C. C. S.; MENDONÇA, R. S.; KUWAHARA, M. Y. Efeitos da disposição ambientalmente adequada dos resíduos sólidos urbanos sobre a saúde em municípios brasileiros. **Planejamento e Políticas Públicas**, Brasília, n. 55, p. 229-269, jul.-set. 2020.

SANJEEVI, V.; SHAHABUDEEN, P. Development of performance indicators for municipal solid waste management (Pims): a review. **Waste Management and Research**, v. 33, n. 12, p. 1052-1065, 2015.

SEN, A. (Org.). **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

SEN, A. (Org.). **Desigualdade reexaminada**. Rio de Janeiro: Record, 2001.

SILVESTRE, H. C. *et al.* Regional consortia and transaction costs for sanitation services in Brazil. **Utilities Policy**, v. 78, p. 1-8, 2022.

SIMÃO, N. M.; NEBRA, S. A.; SANTANA, P. H. de M. A educação para o consumo sustentável como estratégia para redução de resíduos sólidos urbanos. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 1, p. 1007-1020, 2021.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Removing obstacles to healthy development**. Genebra: WHO, 1999.

WORLD BANK. **Bridging the gap in solid waste management**: governance requirements for results. Washington: World Bank, 2021.

### BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

CATTANI, Y. N.; OGASAVARA, M. H. Fitting the public consortia phenomenon in Brazil: a bibliometric review. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE CURSOS DE GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO, 32., 2021, Fortaleza, Ceará. **Anais...** Fortaleza: Unifor, 2021.

CATTANI, Y. N.; OGASAVARA, M. H. New institutionalism, new public management and cooperative intergovernmental arrangements: a comparison between France and Brazil. *In*: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 25., 2022, São Paulo. **Anais...** 2022.

DAMODARAN, A. Valuation approaches and metrics: a survey of the theory and evidence. **Foundations and Trends in Finance**, v. 1, n. 8, p. 693-784, 2007.

FEIOCK, R. C. Rational choice and regional governance. **Journal of Urban Affairs**, v. 29, n. 1, p. 47-63, 2007.

GIZ – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT. **Opções em waste-to-energy na gestão de resíduos sólidos urbanos**: um guia para tomadores de decisão em países emergentes ou em desenvolvimento. Eschborn: GIZ, maio 2017. Disponível em: [https://www.academia.edu/44447598/Op%C3%A7%C3%B5es\\_em\\_Waste\\_to\\_Energy\\_na\\_Gest%C3%A3o\\_de\\_Res%C3%ADduos\\_S%C3%B3lidos\\_Urbanos\\_Um\\_Guia\\_para\\_Tomadores\\_de\\_Decis%C3%A3o\\_em\\_Pa%C3%ADses\\_Emergentes\\_ou\\_em\\_Desenvolvimento](https://www.academia.edu/44447598/Op%C3%A7%C3%B5es_em_Waste_to_Energy_na_Gest%C3%A3o_de_Res%C3%ADduos_S%C3%B3lidos_Urbanos_Um_Guia_para_Tomadores_de_Decis%C3%A3o_em_Pa%C3%ADses_Emergentes_ou_em_Desenvolvimento). Acesso em: 24 mar. 2023.

GOVERNO Federal divulga diagnóstico sobre o manejo de resíduos sólidos urbanos. **Gov.br**, 14 jun. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2022/06/governo-federal-divulga-diagnostico-sobre-o-manejo-de-residuos-solidos-urbanos>. Acesso em: 10 jan. 2023.

HOOD, C. Contemporary public management: a new global paradigm? **Public Policy and Administration**, v. 10, n. 2, p. 104-117, 1995.

HULST, R.; MONTFORT, A. van (Ed.). **Inter-municipal cooperation in Europe**. Dordrecht: Springer, 2007.

NASCIMENTO, C. A.; CASTILHO, R. (Coord.). **Guia prático para estruturação de programas e projetos de PPP**. São Paulo: Radar PPP, 2014.

UFPE – UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. Fundação de Apoio ao Desenvolvimento. **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão.** Jaboatão dos Guararapes: Grupo de Resíduos Sólidos/UFPE, 2014. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=2556875>. Acesso em: 15 jun. 2022.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Waste to energy:** considerations for informed decision-making. Osaka: Unep, 2019. Disponível em: <https://www.unep.org/ietc/resources/publication/waste-energy-considerations-informed-decision-making>. Acesso em: 16 mar. 2023.

SAIANI, C. C. S. **Competição política faz bem à saúde?** Evidências dos determinantes e dos efeitos da privatização dos serviços de saneamento básico no Brasil. 2012. Tese (Doutorado) – Escola de Economia de São Paulo, Fundação Getulio Vargas, São Paulo, 2012.

SANT'ANNA, A. A.; ROCHA, R. **Saneamento e morbidade:** evidências a partir de variações exógenas no tempo de execução dos investimentos. Rio de Janeiro: IE/UFRJ, dez. 2021. (Texto para Discussão, n. 041).

## APÊNDICE A

### NOME DOS CONSÓRCIOS

- Consórcio Regional de Resíduos Sólidos do Sertão de Alagoas (Cressal)
- Consórcio Regional de Resíduos Sólidos do Agreste Alagoano (Conagreste)
- Consórcio Regional de Resíduos Sólidos da Zona da Mata Alagoana (Corszam)
- Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento da Região do Litoral Norte de Alagoas (Conorte)
- Consórcio Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (Comares/UCV)
- Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos Vale do Jaguaribe Unidade II (Convale)
- Consórcio Público de Manejo dos Resíduos Sólidos da Região Cariri Oriental (Cores-Cariri Oriental)
- Consórcio Público para Tratamento e Destinação Final Adequada de Resíduos Sólidos da Região Doce Oeste do Espírito Santo (Condoeste)
- Consórcio Intermunicipal de Gestão e Desenvolvimento Ambiental Sustentável das Vertentes (Cigedas).
- Consórcio Regional de Saneamento Básico Central de Minas (Coresab)
- Consórcio Intermunicipal para o Desenvolvimento Ambiental Sustentável do Norte de Minas (Codanorte)
- Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Região Central de Rondônia (Cisan – Central-RO)
- Consórcio Público Intermunicipal Para Assuntos Estratégicos do G8 (Cipae G8)
- Consórcio Integrado de Gestão Pública do Entre Rios (Cigamerios)
- Consórcio Intermunicipal de Resíduos Sólidos do Oeste Paulista (Cirsop)

**TEXTO** para **DISCUSSÃO**

- Consórcio Intermunicipal de Saneamento Básico da Região do Circuito das Águas (Cisbra)
- Consórcio Intermunicipal de Manejo de Resíduos Sólidos da Região Metropolitana de Campinas (Consimares)
- Consórcio Intermunicipal na Área de Saneamento Ambiental (Consab)

## APÊNDICE B

### B.1 DETALHAMENTO DO FUNCIONAMENTO DO EMPMRAR

Neste apêndice, detalha-se a metodologia do *Estudo de modelagem de projetos de manejo de RSU em arranjos regionais* (EMPMRAR), base para este estudo. De forma geral, esta metodologia teve como principal direcionador obter o valor tarifário mínimo a ser cobrado aos usuários pelos serviços de gestão de resíduos sólidos urbanos (RSUs), por meio de arranjos consorciados municipais considerados críticos. O conceito de criticidade nestes casos diz respeito às limitações atuais para atendimento às rotas tecnológicas e metas previstas pelo Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares).

Tendo como base as metas do Planares e a revisão de literatura sobre o tema, a ferramenta abrange as rotas tecnológicas: coleta de mistos, coleta de recicláveis, transbordo, triagem manual da coleta de secos, segregação mecanizada da fração orgânica, triagem mecanizada da coleta de mistos, produção de combustível derivado de resíduos (CDR), produção BIOCDR, compostagem, biodigestão anaeróbia, incineração (*mass burning*), incineração e aterro sanitário.

### B.2 EMBASAMENTO TEÓRICO E PRÁTICO

Para identificação e segmentação das rotas tecnológicas, a ferramenta de pré-viabilidade do EMPMRAR foi desenvolvida com ênfase no tratamento metodológico e levantamento documental para obtenção de normativos, relatórios técnicos e estudos acadêmicos. As bases de dados da Confederação Nacional dos Municípios (CNM) e o Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (Sinir) foram consultadas para obtenção de dados e identificação da situação atual do setor de RSU no Brasil. Em função da ausência de uma única base de dados que agrupe e mantenha atualizadas as informações, foram acessadas várias outras fontes. Os dados complementares de saneamento básico, resíduos sólidos e informações populacionais foram coletados das bases do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).<sup>1</sup> Os planos regionais concluídos até novembro de 2022 foram obtidos pelo banco de dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA).<sup>2</sup> A Associação Brasileira de Resíduos

1. Com estimativa da população e informações sobre saneamento básico. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pnsb/pnsb-2017>.

2. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/item/10611-planos-estaduais.html>.

e Meio Ambiente (Abrema)<sup>3</sup> contribuiu com informações sobre o panorama no país e a destinação final dos resíduos sólidos. A pesquisa ainda levou em conta os planos regionais e estaduais de resíduos sólidos e de coleta seletiva múltiplas, além dos estudos de modelagem para concessões desenvolvidos no âmbito de estados e do Fundo de Apoio à Estruturação e ao Desenvolvimento de Projetos de Concessão e Parcerias Público-Privadas da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios (FEP/Caixa)<sup>4</sup> do governo federal. Nos casos de disparidades de informações entre as diferentes fontes, os dados considerados foram os mais recentes, além de verificação e validação por meio de contatos telefônicos com as entidades responsáveis pelas informações.

Uma vez obtidos dados por município no Brasil para desenvolvimento da ferramenta, tais dados foram validados por especialistas para subsequente estimativa de gravimetria para cada rota tecnológica, acompanhadas de levantamentos de custos e despesas operacionais (Opex – *operational expenditure*) e de investimento (Capex – *capital expenditure*). As rotas tecnológicas e as estimativas de custos e investimentos puderam então ser propostas em linha com as metas do Planares. De forma complementar, foram realizadas entrevistas não estruturadas de validação de informações junto às associações do setor de RSUs.

Em sequência aos dados e parâmetros obtidos, a ferramenta de cálculo de pré-viabilidade do EMPMRAR passou a incorporar um algoritmo de otimização de distâncias médias rodoviárias entre municípios, o qual prioriza e sugere a localização, ao, por exemplo, definir os centros de transbordo de resíduos de cada arranjo, conforme o produto interno bruto (PIB) *per capita* e a geração estimada de resíduos. O modelo também permite a definição de distância média de ida e volta de cada município-sede para os demais municípios da região selecionada. Tal otimização permitiu a definição de arranjos consorciados regionais, considerando os que possuem plano regional e estão em operação, bem como os que apresentam plano, mas ainda não apresentam rotas tecnológicas completas, ou até mesmo os que ainda não estão em operação. Por estas premissas, nas regiões onde já existem consórcios registrados na base de dados do Sinir, não foram propostos novos arranjos regionais. Em contrapartida, para todos os demais municípios, foram propostos arranjos regionais a partir dos critérios adotados pelo Sistema Único de Saúde (SUS) para instalação de unidades de atendimento.

3. Disponível em: <https://www.abrema.org.br/#:~:text=A%20Associa%C3%A7%C3%A3o%20Brasileira%20de%20Res%C3%ADduos%20e%20Meio%20Ambiente,dos%20interesses%20ligados%20%C3%A0%20gest%C3%A3o%20de%20res%C3%ADduos%20s%C3%B3lidos>.

4. Disponível em: <https://www.concessoes.caixa.gov.br/sifep-portal/#/estruturacaodeProjeto>.

As premissas e os dados levantados serviram de base para as projeções de demonstrativos financeiros (balanço patrimonial, demonstrativo de resultados do exercício e demonstrativo de fluxo de caixa) de cada consórcio na ferramenta. Para apoiar a tomada de decisão, foi desenvolvido um algoritmo que minimiza o valor de tarifa a ser paga por cada usuário, de acordo com cada consórcio e região do Brasil e a depender do montante de toneladas estimadas para coleta até a destinação final de RSUs.

O processo de otimização de tarifas desenvolvido no modelo proposto na ferramenta foi estruturado de tal forma que os custos, as despesas e os investimentos projetados para cada rota tecnológica e cada arranjo regional pelo prazo de 35 anos gerassem receitas compatíveis com a remuneração mínima necessária para que as operações sejam sustentáveis financeiramente. Ainda como resultado de cada simulação do modelo é possível extrair indicadores econômico-financeiros, tais como a taxa interna de retorno (TIR), o valor presente líquido (VPL), o retorno sobre patrimônio líquido (*return on equity* – ROE), o percentual Opex e Capex empregado, o retorno sobre o capital investido (*return on invested capital* – Roic) e o nível de reinvestimento. Para garantir a sustentabilidade financeira e minimizar o impacto tarifário, o *payback* descontado para todos os fluxos de caixa projetados foi considerado igual a 35 anos (vida útil máxima das rotas).

### B.3 ROTAS TECNOLÓGICAS E QUANTITATIVOS DE GERAÇÃO DO EMPMRAR

As rotas tecnológicas para gestão de RSUs observadas no EMPMRAR podem ser definidas como

um conjunto de processos, tecnologias e fluxos dos resíduos desde a sua geração até a sua disposição final, envolvendo circuitos de coleta de resíduos de forma indiferenciada e diferenciada e contemplando tecnologias de tratamento dos resíduos com ou sem valorização energética (Brasil, 2022b, p. 38).

Desse modo, a rota tecnológica tem início, necessariamente, com a geração e se encerra com a disposição final em aterro sanitário, podendo haver, entre as etapas, uma ou mais formas ou tecnologias de tratamento (UFPE, 2014).

No modelo proposto, as rotas tecnológicas para municípios ou agrupamento de municípios foram definidas para as seguintes faixas populacionais:

- até 30.000 habitantes;
- de 30.001 a 250.000 habitantes;

- de 250.001 a 1.000.000 de habitantes; e
- de 1.000.001 a 20.000.000 de habitantes.

As rotas tecnológicas foram separadas em níveis, desenvolvidos de forma que diferentes rotas possam ser consideradas para consórcios com faixas populacionais distintas. A escolha pela rota mais completa indicada dependerá inicialmente da análise dos fatores limitantes e do grau de maturidade institucional da estrutura de prestação regionalizada. Assim, o modelo possibilita aos tomadores de decisão, por meio dos estudos completos de análise de viabilidade, optar pela rota tecnológica que apresente maior grau de sustentabilidade financeira, associada ao nível de eficiência desejado e aos padrões de atendimento às metas do Planares. A separação das rotas tecnológicas em níveis tem como fundamento a Portaria nº 557/2016, a qual instituiu normas de referência para a elaboração de estudos de viabilidade técnica e econômico-financeira (EVTE) para a contratação dos serviços de saneamento básico. No art. 3º,<sup>5</sup> a portaria estabeleceu que os estudos devem conter análise de alternativas possíveis e que, entre essas, deverá ser escolhida a que melhor atenda à realidade do município ou, nos casos de gestão associada, do conjunto de municípios. As diferentes rotas tecnológicas e seus níveis originaram uma matriz (quadro B.1), que permite a indicação de rotas tecnológicas para futuros estudos completos de viabilidade para contratações de serviços e melhoria de gestão integrada de RSUs.

A seguir, são apresentadas características dos níveis propostos na matriz.

### B.3.1 Nível 1

Corresponde à implementação de etapas consideradas mínimas necessárias para adequação à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Nível indicado para consórcios pequenos (até 250 mil habitantes), cujos recursos arrecadados com a cobrança dos serviços e fatores como escala e condições socioeconômicas ainda não possibilitam a implementação de tecnologias de elevado custo de capital, operação e manutenção. Esse nível pressupõe a implantação da coleta seletiva de recicláveis, de maneira universalizada na área de abrangência, seja nos modelos porta a porta, seja nos modelos ponto a ponto. Em relação à disposição final, uma alternativa que pode ser considerada

5. Art. 3º – O EVTE, além da comprovação da viabilidade técnica e econômico-financeira, tem por finalidade servir de referência para:

I – prognóstico de viabilidade e seleção, dentre as alternativas estudadas, do modelo de prestação dos serviços públicos mais adequado para a realidade do município ou, nos casos de gestão associada, do conjunto de municípios (Brasil, 2016, grifo nosso).

não só no nível 1, mas em todos os outros, seria a utilização de aterros privados. Essa relação deve ocorrer por meio de contratos administrativos celebrados com o responsável pela unidade.

### B.3.2 Nível 2

Agrega o nível 1 e incorpora ainda a coleta diferenciada de orgânicos, a compostagem e o aproveitamento energético do biogás do aterro sanitário. Também é indicado para consórcios pequenos (até 250 mil habitantes). Sugere-se que a coleta de orgânicos para realização da compostagem se inicie por rotas específicas, como de grandes geradores, feiras livres e resíduos de podas. Os custos nesse nível tendem a se elevar em função de coletas diferenciadas e do transporte, mas, por outro lado, a atividade de compostagem por sistemas extensivos<sup>6</sup> tende a apresentar custos operacionais e de investimento mais baixos. A compostagem é essencial para tratamento de resíduos orgânicos em função da diminuição da entrada de rejeitos no aterro sanitário e da redução da geração de chorume nessas instalações. O aproveitamento energético do aterro sanitário entra como possibilidade a ser considerada nesta rota, devendo ter sua viabilidade técnica e econômico-financeira avaliada. Em virtude de pouca complexidade operacional e de equipamentos de custo mais baixo no mercado nacional, essa rota tecnológica tende a ser preferível para grande parte dos consórcios, além de atender em grande parte às metas do Planares.

### B.3.3 Nível 3

Esse nível contempla as rotas do nível 2 e adicionalmente agrega a triagem mecânico-biológica e a produção de CDR (rota tecnológica 3B). É um nível indicado para consórcios que possuam população entre 250.001 e 500 mil habitantes. Os consórcios que se enquadram nessa faixa populacional poderão, em razão da avaliação dos fatores limitantes e do grau de maturidade institucional, decidir pelas rotas dos níveis 1 e 2. Nessa rota tecnológica, a implantação de Unidades de Tratamento Mecânico-Biológico (UTMBs) permite a triagem mecanizada de resíduos recicláveis e de orgânicos provenientes da coleta de resíduos mistos. Em relação à produção do CDR, esta deve ocorrer a partir somente dos rejeitos das plantas de triagem, compostagem e UTMB. A produção do combustível demanda a existência de um maduro sistema de coleta

6. "Os sistemas extensivos são caracterizados pelo seu potencial de descentralização do gerenciamento dos resíduos orgânicos, que possibilita uma distribuição do tratamento em unidades de compostagem com tecnologias mais simples e de baixo custo, aplicáveis a menores quantidades de resíduos, de modo que esse tratamento possa ser realizado próximo aos núcleos geradores de resíduos" (Brasil, 2019, p. 9).

seletiva e triagem dos materiais. O CDR deve ser composto de material orgânico com baixa umidade e não deve possuir frações de contaminação crítica. Além de reduzir o envio de materiais para o aterro sanitário, a comercialização desse tipo de combustível representa uma receita acessória, que pode ser utilizada para abater os custos do gerenciamento dos RSUs e, por consequência, diminuir o valor da tarifa a ser paga pelos usuários dos serviços.

No nível 3, foi realizada a subdivisão entre nível 3A e 3B. O nível 3A, além de ser composto pelas condições tecnológicas apresentadas no nível 2, pode ser visto como uma rota na qual se estima ser possível a implantação da triagem mecanizada de recicláveis na coleta seletiva e aumento no volume de compostagem. Já no nível 3B, são consideradas as mesmas condições do 3A, incorporando a flexibilidade de produção CDR para comercialização e geração de receitas acessórias. No entanto, cabe ressaltar que há necessidade de se formar um mercado ou de se obterem clientes para esta comercialização.

#### B.3.4 Nível 4

Agrega a digestão anaeróbia em relação ao nível 3. É também indicado para consórcios com população entre 250.001 e 500 mil habitantes, mas que possuam uma condição econômico-financeira e capacidade de pagamento dos usuários propícias para um investimento maior em infraestrutura de tratamento de RSUs. Os consórcios que se enquadram nessa faixa populacional também podem aderir às rotas dos níveis 2 e 3. A digestão anaeróbia necessita de um rico esquema de seleção e triagem dos materiais recicláveis e segregação de orgânicos na fonte (massa homogênea). Além de reduzir a fração de orgânicos a ser enviada ao aterro sanitário, a digestão anaeróbia permite maior geração de biogás, o qual pode ser utilizado na geração de energia ou calor. Além disso, resulta na produção de composto orgânico (receita acessória), que pode ser comercializado e o valor arrecadado, abatido dos custos do gerenciamento dos RSUs.

No nível 4 também ocorre o desdobramento em subníveis A e B. O subnível 4A se diferencia do nível 3 pelo aumento de volume de resíduos, pela complexidade da rota e pela incorporação da compostagem de sobra da digestão anaeróbia, como mais uma flexibilidade de aproveitamento energético. À medida que o “volume cresce, é feita a compostagem do digestato, que a digestão anaeróbia pode vir a gerar. A digestão anaeróbia gera dois principais produtos: digestato e biogás”.<sup>7</sup> O digestato pode ser

7. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/biogasfert/fertilizantes/dejetos-fertilizantes/fertilizante-fluido/digestato>. Acesso em: 10 jul. 2022.

considerado o material remanescente da digestão anaeróbia comumente utilizado para produção de fertilizantes.<sup>8</sup> No caso do subnível 4B, além da digestão anaeróbia, foi incorporada a flexibilidade de produção e venda do CDR, em função do crescimento de volume, quando comparado ao nível 3B.

### B.3.5 Nível 5

Incorpora, em relação ao nível 4, a recuperação energética dos resíduos por meio da incineração. É indicado para consórcios que possuam população acima de 500 mil habitantes. Os consórcios que se enquadram nessa faixa populacional, por limitações financeiras, também poderão aderir à rota de nível 4. A operação e o monitoramento de uma planta de incineração requer mão de obra qualificada e a atuação de um sistema apurado de coleta seletiva e triagem dos recicláveis, bem como a segregação de orgânicos na origem. A implantação de unidades de incineração não deve limitar à ampliação da coleta seletiva e reciclagem dos materiais, os quais devem ser ampliados gradativamente, observando a ordem de prioridade estabelecida no art. 9º da PNRS. O alto percentual de orgânico no RSU dos municípios é um fator limitante para o funcionamento de plantas de incineração, ao contrário da digestão anaeróbia, que quanto mais orgânico melhor. A viabilidade dessa tecnologia está muito atrelada ao poder calorífico inferior dos resíduos, o qual deve ser em média 7 MJ/kg (GIZ, 2017). Caso os resíduos sólidos possuam uma elevada taxa de umidade, estes devem ser submetidos a uma etapa de pré-tratamento, como secagem, para somente depois serem incinerados, o que torna o custo do sistema ainda mais caro. A quantidade de RSU a ser enviada para planta deve ser superior a 100 mil toneladas por ano para justificar os investimentos em tecnologia voltada para incineração (GIZ, 2017; Unep, 2019). A incineração dos resíduos sólidos em condições controladas gera calor e/ou eletricidade, que pode ser utilizada na própria planta e comercializada, contribuindo como relevante receita acessória. Nesse caso, o mercado de energia elétrica é um ponto-chave nessa equação. A incineração requer um complexo sistema de tratamento de gases para atender às legislações, o que torna os custos de implantação, operação e manutenção desse tipo de tecnologia maior que as outras opções de *waste-to-energy* (WtE), como a digestão anaeróbia e o CDR.

O nível 5 também é dividido em dois subníveis. O subnível 5A compreende a rota tecnológica de aproveitamento energético pela incineração de RSU, enquanto o subnível 5B permite a flexibilidade entre incineração e produção do CDR. A incineração

8. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/biogasfert/fertilizantes/dejetos-fertilizantes/fertilizante-fluido/digestato>. Acesso em: 10 jul. 2022.

## TEXTO para DISCUSSÃO

exige custos mais elevados e demanda volume significativo de resíduos para justificar economicamente a viabilidade de implantação da tecnologia. No nível 5, há a opção de aproveitamento energético para incineração do chamado BIOCDR, produzido após triagem mecânico-biológica e um processo de secagem da fração orgânica dos resíduos mistos.

A partir dessas rotas tecnológicas definidas, ainda que todas sejam tecnicamente possíveis para atender à meta 7 do Planares (universalização de metas dos orgânicos), ressalta-se que um arranjo regional que implemente inicialmente a rota 1 deverá evoluir gradativamente para rota nível 2 ou superior para atender aos critérios do Planares. No nível 2, estima-se haver um aumento de volume proveniente de consórcios formados a partir de arranjos regionais compostos por vários municípios. Esse aspecto criaria a possibilidade da geração de compostagem e do aproveitamento energético por tratamento biológico em maior escala. Nesse caso, o aproveitamento energético da fração orgânica pode ser realizado por digestão aeróbia (compostagem). A rota tecnológica nível 2 teria ainda maior potencial de atender a requisitos de modicidade tarifária. Pelos aspectos apresentados, o nível 2 é destacado como um dos parâmetros escolhidos para análise de arranjos regionais críticos, objeto deste estudo.

### QUADRO B.1

#### Níveis de rotas tecnológicas utilizadas como matriz de tomada de decisão

Processos/tecnologias	Rotas tecnológicas							
	Subnível 1	Subnível 2	Subnível 3A	Subnível 3B	Subnível 4A	Subnível 4B	Subnível 5A	Subnível 5B
Coleta de mistos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Coleta de recicláveis	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Transbordo	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Triagem manual da coleta seletiva de secos	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Segregação mecanizada da fração orgânica	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Triagem mecanizada da coleta de mistos	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Produção de CDR   TM	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não
Produção BioCDR   TMB	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Compostagem	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não
Biodigestão anaeróbia	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não

(Continua)

(Continuação)

Processos/tecnologias	Rotas tecnológicas							
	Subnível 1	Subnível 2	Subnível 3A	Subnível 3B	Subnível 4A	Subnível 4B	Subnível 5A	Subnível 5B
Incineração   <i>mass burning</i>	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Não
Incineração   TMB-BioCDR	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Sim
Aterro sanitário	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Fonte: Brasil (2022).

Obs.: TM – Tratamento biológico; TMB – Tratamento mecânico-biológico; TMB-BioCDR – Tratamento mecânico-biológico-biocombustível derivado de resíduos.

## B.4 ESTIMATIVAS DE BALANÇO DE MASSA E FLUXOS DE MASSA

Para aprimoramento das rotas tecnológicas propostas no EMPMRAR (Brasil, 2022), foram realizadas estimativas de balanços de massa e fluxos de massa para cada nível e rota tecnológica de RSU. Essa etapa compreendeu o levantamento dos potenciais quantitativos de RSU no Brasil, desde a geração até a destinação final, passando por transporte, triagem, transbordos e aproveitamento energético. Tais estimativas resultaram no *Estudo de modelagem de projetos de manejo de RSU em arranjos regionais*, disponível no antigo site do Ministério da Economia – ME (Brasil, 2022). O referido estudo é utilizado como meio de avaliação de viabilidade financeira de consórcios no Brasil.

As premissas de *geração de resíduos* por cada município ou arranjo regional são definidas por cada nível a ser simulado e as premissas que preveem, além das condições iniciais a serem estudadas. Nas tabelas 2 e 7 da ferramenta rota tecnológica, são observadas as premissas de geração de resíduos, composição gravimétrica que entram na rota tecnológica nível 2 a partir da coleta seletiva de secos e de orgânicos, a partir da coleta de mistos e da coleta por varrição/poda. Além disso, as tabelas apresentam exemplos da estruturação do balanço de massa usado para o desenvolvimento deste estudo, bem como o fluxo de massa avaliado para a rota tecnológica nível 2.

Para chegar à ferramenta rota tecnológica,<sup>9</sup> além das premissas de volume e gravimetria que resultaram em balanços de massa e fluxos de massa para cada rota tecnológica, foram ainda levantados dados de mercado para estimativas de receitas acessórias potencialmente observáveis, a fim de estimar a valorização dos RSUs. Grande parte das vezes essa valorização se dá pelo nível de reciclagem, produção de CDR, compostagem e incineração.

9. Disponível no site do ME (Brasil, 2022).

## B.5 ESTIMATIVAS DE CUSTOS E INVESTIMENTOS

A fim de estimar os custos e os investimentos necessários para que os consórcios avaliados como críticos atinjam as metas do Planares, são apresentadas algumas das equações utilizadas na avaliação das rotas tecnológicas, sobretudo a de nível 2. Este é considerado, neste estudo, como o nível mínimo de maturidade em gestão de RSUs, a ser atingido até 2040. Esta rota compreende a coleta e o transporte de mistos e recicláveis, transbordo, triagem manual e segregação mecanizada, assim como compostagem e destinação final de resíduos em aterro sanitário.

Em linha com o estudo de Correal *et al.* (2023), a quantidade de resíduos efetivamente coletados é estabelecida a partir da geração e do nível de cobertura. Se a meta de cobertura for aumentada a cada ano, os resíduos coletados deverão aumentar. Cabe ressaltar que nesta rota tecnológica nível 2, 100% dos resíduos coletados são destinados ao aproveitamento e à valorização, respeitando a gradação das metas do Planares. Também foi necessário conhecer as características da população, as estimativas de crescimento do produto interno bruto (PIB) e de geração de resíduos. Deve-se observar que, quanto mais atualizados forem os dados, mais precisa será a estimação dos custos. A quantidade de resíduos coletados e o grau de cobertura podem variar a cada ano. A equação (B.1) considera que a meta ( $\mu$ ) e a cobertura de coleta urbana ( $\chi$ ), ambas em percentual, podem aumentar a cada ano. Os RSUs coletados ( $\delta$ ) em toneladas por ano deverão também aumentar à medida que a geração de resíduos sólidos urbanos ( $\varphi$ ) aumente.

$$\chi\%_{ano_{t+1}} = \chi\%_{ano_t} + \mu\% \quad (B.1)$$

$$\delta_{(ton/ano)} = \chi\% \cdot \varphi_{(ton/ano)} \quad (B.2)$$

Em seguida, são calculados os custos de resíduos que serão levados diretamente à disposição final ( $F$ ) e à estação de transferência ( $ET$ ), assim como os resíduos que serão transportados de cada  $ET$  até a disposição final ( $F$ ).

$$\Phi_{(ton/ano)} = \delta_{(ton/ano)} \cdot \Phi\% \quad (B.3)$$

$$ET_{(ton/ano)} = \delta_{(ton/ano)} \cdot \%ET \quad (B.4)$$

$$\text{Resíduos } ET \rightarrow \Phi_{(ton/ano)} = \text{Resíduos } \delta_{(ton/ano)} \cdot \% \text{ direto } \Phi \quad (B.5)$$

O Opex dos resíduos que vão impactar o transporte até a disposição final ( $F$ ) é calculado conforme volume em toneladas multiplicado pelo custo até a destinação final (Custo <sub>$q$</sub> ). O cálculo similar é conduzido para o custo até as estações de transferência (Custo <sub>$ET$</sub> ).

$$Custo_{\Phi(R\$/ano)} = Q_{\Phi(ton)} \cdot Custo_{\theta(R\$/ton)} \quad (B.6)$$

Finalmente, o custo Opex para a atividade será a soma do custo do transporte direto até a disposição final, além do custo do transporte até a estação de transferência e o custo do transporte de cada distância da estação de transferência até o local de disposição.

$$OPEX_{RT(r\$/ano)} = Custo_{RT \rightarrow \Phi} + Custo_{RT \rightarrow ET} + \sum Custo_{ET \text{ a } RT} \quad (B.7)$$

A partir das metas do Planares, obtém-se o percentual de resíduos que vai para aterro sanitário ( $\alpha$ ), aterro controlado e lixão aberto, assim como o que se espera ser desviado a cada ano para a valorização. Nesse sentido, cabe calcular as toneladas que irão para cada destinação final, até atender a 100% das metas ( $m$ ) do Planares, conforme as equações a seguir.

$$\alpha\%_{(i+1)} = \alpha\%_i \pm \mu \quad (B.8)$$

$$\varphi_{AS(ton/ano)} = \alpha\% \cdot \varphi_{(ton/ano)} \quad (B.9)$$

Os custos são então estimados para cada um dos tipos de destinação final ( $F$ ). Como o cálculo dos destinos corresponde a uma função de custo Opex e Capex, primeiro o custo unitário deve ser calculado e depois o custo total deve ser estabelecido de acordo com o número de toneladas. O  $IC\%$  é definido como impacto de custo no Opex, gerado pelo fechamento de aterros controlados ou lixões. O percentual de resíduos que vai para aterro sanitário é dado pelo coeficiente  $a$  e o custo de novos equipamentos de aterro sanitário (R\$/t) é definido pelo coeficiente  $\lambda$ .

$$OPEX_{unit} \Phi_{AS(R\$/ton)} = (1 + IC\%) \cdot \frac{\lambda \cdot Capacid_i \cdot \alpha}{COEF.} \quad (B.10)$$

$$OPEX_{capacidade(R\$/ano)} = \delta\%_{capacidade} \cdot \delta_{AC} \cdot OPEX_{unit} \Phi_{AS} \quad (B.11)$$

$$OPEX_{AS(R\$/ano)} = \sum OPEX_{por\ capacidade} \quad (B.12)$$

O Opex do fechamento de aterros controlados e lixões foi calculado e obtido pela multiplicação da quantidade de toneladas pelos custos de cada atividade de fechamento ( $FCA$ ), somada aos custos adicionais ( $CA$ ) de fechamento previstos nos contratos dos aterros e lixões. O exemplo para a atividade de fechamento de aterros controlados ( $AC$ ) é dado pela equação (B.13).

$$OPEX_{FAC(R\$/ano)} = Q_{Ton_{até\ o\ fechamento}} \cdot C_{FAC(R\$/ton)} + Q_{Ton_{até\ o\ fechamento}} \cdot C_{AD} \quad (B.13)$$

Assim, os custos operacionais durante a vida útil somados aos custos de fechamento permitem chegar ao custo operacional total por local de disposição final.

A valorização de resíduos, como no caso da compostagem, tem uma função de custo que permite determinar, por meio de coeficientes, o custo unitário por tonelada da atividade e o custo total das toneladas a serem recuperadas no ano. Este custo unitário deve considerar a capacidade da planta. O Opex da operação de uma planta de valorização de resíduos por compostagem (VRC) pode ser observado pelas equações (B.14) e (B.15).

$$OPEX_{VRC(R\$/ton)} = \min \left( coef. custo; \alpha + \frac{12\lambda}{Capacidade_i} \right) \quad (B.14)$$

$$OPEX_{VRC(R\$)} = Custo \ OPEX_{VRC(R\$/ton)} \cdot \delta\%_{capacidade_i} \cdot \varphi_{(ton)} \quad (B.15)$$

O custo total em Opex ou Capex é então a soma de todas as atividades. Além disso, a soma total do Capex e Opex resulta no total dos custos diretos, conforme a equação (B.16).

$$OPEX_{TOTAL(R\$)} = \sum OPEX_{produtividade(R\$)} \quad (B.16)$$

$$Custos \ Diretos \ Totais_{(R\$)} = OPEX_{total(R\$)} + CAPEX_{total(R\$)} \quad (B.17)$$

## B.6 OTIMIZAÇÃO DE DISTÂNCIAS E ARRANJOS REGIONAIS NO EMPMRAR

Neste estudo, objetivou-se a otimização da localização dos centros de transbordos, levando-se em conta o PIB *per capita* dos municípios e as distâncias rodoviárias em cada região de saúde do SUS. Para tanto, foi essencial a construção de uma matriz de distância rodoviária entre as cidades, pois o custo de transporte é bastante significativo para a operação.

Para estimar a quilometragem de vias dentro dos municípios onde os caminhões poderiam percorrer durante a operação, utilizou-se a Base de Faces de Logradouros do Brasil<sup>10</sup> e os Trajetos dos Recenseadores do Censo Agropecuário,<sup>11</sup> ambos disponibilizados pelo IBGE. Ao utilizar essas duas bases de dados, tem-se uma estimativa da distância que o caminhão deveria percorrer em cada município nas vias urbanas e rurais.

10. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/28971-base-de-faces-de-logradouros-do-brasil.html>. Acesso em: 10 jan. 2023.

11. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/novo-portal-destaques/23677-aviso-publico.html#:~:text=Entende-se%20por%20trajetos%2C%20os%20caminhos%20percorridos%20pelos%20recenseadores,caminhos%20rurais%2C%20acessos%20em%20%C3%A1reas%20particulares%2C%20entre%20outros.>

Essa matriz foi construída usando dados para promover a otimização da localização dos centros de transbordo e selecionar como sede o município com maior PIB *per capita* (2019) de cada região de saúde. A regionalização foi escolhida seguindo as “regiões do Sistema Único de Saúde formadas por municípios fronteiriços que compartilham identidades culturais, econômicas e sociais, redes de comunicação e infraestrutura de transportes” (Brasil, 2022).

Após a seleção do município, obteve-se a distância média de ida e volta do município-sede para os demais municípios da região de saúde. Matematicamente,  $dist_{AB} = \frac{dist_{A \rightarrow B} + dist_{B \rightarrow A}}{2}$ , em que  $dist_{AB}$  é a distância média em quilômetros por estrada entre os municípios  $A$  e  $B$  e  $dist_{A \rightarrow B}$  e  $dist_{B \rightarrow A}$  representam, respectivamente, as menores distâncias em quilômetros por estrada do município  $A$  em direção ao município  $B$  e do município  $B$  para o município  $A$ . Esse procedimento foi feito pois o *software* de roteamento pode retornar rotas diferentes para a ida e a volta.

Assumindo a premissa de que um transbordo é necessário para distâncias superiores a 30 km, verificou-se a necessidade de transbordos para cada município da região em relação ao município-sede. Formalmente, essa premissa pode ser escrita pela equação (B.18).

$$transbordo(A, B) = \begin{cases} 1, & dist_{AB} > 30 \\ 0, & dist_{AB} \leq 30 \end{cases} \quad (B.18)$$

Na equação (B.18),  $transbordo(A, B)$  é uma função que gera uma variável *dummy* com valor igual a 1, caso a distância entre as cidades  $A$  e  $B$  seja maior que 30 km (sendo necessário o transbordo) e 0 caso contrário. Assim, para cada região de saúde obteve-se o município-sede, as distâncias para cada um dos outros municípios da região em relação ao sede e se é necessário transbordo para essas localidades.

Para otimizar a localização dos centros de transbordo, também foi necessário selecionar como sede o município com maior PIB *per capita* (2019). Após isso, obteve-se a distância média de ida e volta do município-sede para os demais municípios da região de saúde. Assumindo que um transbordo é necessário para distâncias superiores a 30 km, calculou-se o número potencial de transbordos para o município-sede da região. Assim, para os arranjos regionais que foram criados a partir do modelo do SUS, obteve-se o município-sede, as distâncias para cada um dos outros municípios da região em relação ao sede e à necessidade de transbordos para essas localidades.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Portaria nº 557, de 11 de novembro de 2016. Institui normas de referência para a elaboração de estudos de viabilidade técnica e econômico-financeira (EVTE) previstos no art. 11, inciso II, da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 – Lei Nacional de Saneamento Básico (LNSB). **Diário Oficial da União**, Brasília, p. 129, 14 nov. 2016. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. **Valorização de resíduos orgânicos**. Brasília: MDR, 2019. (Caderno Temático, n. 4).

BRASIL. Ministério da Economia. **Metodologia para modelagem de projetos de manejo de resíduos sólidos urbanos em arranjos regionais**. São Paulo; Fortaleza: Pezco Economics, 10 nov. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/choque-de-investimento-privado/investimentos-em-residuos-solidos/guia-da-ferramenta-modelagem-de-projetos-de-manejo-de-rsu-em-arranjos-regionais>. Acesso em: 5 jan. 2023.

CORREAL, M. C. *et al.* **Sostenibilidad financiera de la gestión de residuos sólidos en América Latina y el Caribe**. Washington: BID, mar. 2023. (Nota Técnica BID, n. 2663).

GIZ – DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT. **Opções em waste-to-energy na gestão de resíduos sólidos urbanos: um guia para tomadores de decisão em países emergentes ou em desenvolvimento**. Eschborn: GIZ, maio 2017. Disponível em: [https://www.academia.edu/44447598/Op%C3%A7%C3%B5es\\_em\\_Waste\\_to\\_Energy\\_na\\_Gest%C3%A3o\\_de\\_Res%C3%ADduos\\_S%C3%B3lidos\\_Urbanos\\_Um\\_Guia\\_para\\_Tomadores\\_de\\_Decis%C3%A3o\\_em\\_Pa%C3%ADses\\_Emergentes\\_ou\\_em\\_Desenvolvimento](https://www.academia.edu/44447598/Op%C3%A7%C3%B5es_em_Waste_to_Energy_na_Gest%C3%A3o_de_Res%C3%ADduos_S%C3%B3lidos_Urbanos_Um_Guia_para_Tomadores_de_Decis%C3%A3o_em_Pa%C3%ADses_Emergentes_ou_em_Desenvolvimento). Acesso em: 24 mar. 2023.

UFPE – UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. Fundação de Apoio ao Desenvolvimento. **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Jaboatão dos Guararapes: Grupo de Resíduos Sólidos/UFPE, 2014. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view?id=2556875>. Acesso em: 15 jun. 2022.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Waste to energy: considerations for informed decision-making**. Osaka: Unep, 2019. Disponível em: <https://www.unep.org/ietc/resources/publication/waste-energy-considerations-informed-decision-making>. Acesso em: 16 mar. 2023.

## **Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**

### **EDITORIAL**

#### **Coordenação**

Aeromilson Trajano de Mesquita

#### **Assistentes da Coordenação**

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

#### **Supervisão**

Ana Clara Escórcio Xavier

Everson da Silva Moura

#### **Revisão**

Alice Souza Lopes

Amanda Ramos Marques Honorio

Barbara de Castro

Cláudio Passos de Oliveira

Clícia Silveira Rodrigues

Denise Pimenta de Oliveira

Fernanda Gomes Teixeira de Souza

Nayane Santos Rodrigues

Olavo Mesquita de Carvalho

Reginaldo da Silva Domingos

Susana Souza Brito

Yally Schayany Tavares Teixeira

Jennyfer Alves de Carvalho (estagiária)

Katarinne Fabrizzi Maciel do Couto (estagiária)

#### **Editores**

Anderson Silva Reis

Augusto Lopes dos Santos Borges

Cristiano Ferreira de Araújo

Daniel Alves Tavares

Danielle de Oliveira Ayres

Leonardo Hideki Higa

#### **Capa**

Aline Cristine Torres da Silva Martins

#### **Projeto Gráfico**

Aline Cristine Torres da Silva Martins

*The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.*

#### **Ipea – Brasília**

Setor de Edifícios Públicos Sul 702/902, Bloco C

Centro Empresarial Brasília 50, Torre B

CEP: 70390-025, Asa Sul, Brasília-DF

**Missão do Ipea**  
Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.