



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Tecnologia
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E
AMBIENTAL
–DOUTORADO–

**PROPOSTA DE UM ÍNDICE DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
BASEADO NA SETORIZAÇÃO DA COLETA. ESTUDO DE CASO:
JOÃO PESSOA-PB, BRASIL.**

Por

Ana Cecília Novaes de Sá

*Tese de Doutorado apresentada à Universidade Federal da Paraíba para
obtenção do grau de Doutor*

João Pessoa – Paraíba

Setembro de 2025



Universidade Federal da Paraíba

Centro de Tecnologia

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
– DOUTORADO –**

**PROPOSTA DE UM ÍNDICE DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
BASEADO NA SETORIZAÇÃO DA COLETA. ESTUDO DE CASO:
JOÃO PESSOA-PB, BRASIL.**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor.

Ana Cecília Novaes de Sá

Orientadora: Profa. Dra. Claudia Coutinho Nóbrega

João Pessoa – Paraíba

Setembro de 2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S111p Sá, Ana Cecília Novaes de.

Proposta de um índice de gestão de resíduos sólidos baseado na setorização da coleta. estudo de caso : João Pessoa-PB, Brasil / Ana Cecília Novaes de Sá. - João Pessoa, 2025.

228 f. : il.

Orientação: Claudia Coutinho Nóbrega.

Tese (Doutorado) - UFPB/CT.

1. Sustentabilidade ambiental. 2. Gestão de resíduos. 3. Resíduos Sólidos. I. Nóbrega, Claudia Coutinho. II. Título.

UFPB/BC

CDU 502.131.1(043)

**PROPOSTA DE UM ÍNDICE DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
BASEADO NA SETORIZAÇÃO DA COLETA.
ESTUDO DE CASO: JOÃO PESSOA-PB, BRASIL**

ANA CECÍLIA NOVAES DE SÁ

Tese aprovada em 12 de setembro de 2025

Período Letivo: 2025.2

Documento assinado digitalmente



CLAUDIA COUTINHO NOBREGA
Data: 12/09/2025 13:04:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof(a). Dr(a). Claudia Coutinho Nóbrega – UFPB

Orientador(a)

Documento assinado digitalmente



ELISANGELA MARIA RODRIGUES ROCHA
Data: 17/09/2025 19:07:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof(a). Dr(a). Elisangela Maria Rodrigues Rocha– UFPB

Examinador(a) Interno(a)

Documento assinado digitalmente



LARISSA GRANJEIRO LUCENA
Data: 16/09/2025 13:57:37-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof(a). Dr(a). Larissa Granjeiro Lucena – UFC

Examinador(a) Interno(a)

Documento assinado digitalmente



MARISETE DANTAS DE AQUINO
Data: 14/09/2025 13:29:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof(a). Dr(a). Marisete Dantas Aquino - UFC

Examinador(a) Externo(a)

Firmado por LOBO GARCIA DE
CORTAZAR AMAYA MARIA - ***9429**
el día 12/09/2025 con un

Prof(a). Dr(a). Amaya Lobo García de Cortázar - UC

Examinador(a) Externo(a)

Dedico este trabalho a Deus, que até aqui me sustentou e capacitou; e aos meus pais, cujo amor e incentivo tornaram possível a conclusão desta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela Sua bondade e misericórdia sobre a minha vida. Ele me sustentou e capacitou em cada passo dessa caminhada, tornando possível a conclusão deste trabalho. Toda honra e glória sejam dadas a Ele.

Aos meus pais, Ceíça e Celso, por tudo o que representam em minha vida e por serem fonte inesgotável de afeto, confiança e motivação. Sempre acreditaram em mim e nunca mediram esforços para realizar os meus sonhos. Se cheguei até aqui, o mérito também é de vocês.

A minha irmã, Victória Eduarda, pela cumplicidade, pelo amor e por se fazer presente em todos os momentos. Seu incentivo e torcida foram essenciais para que eu superasse os momentos difíceis.

Ao meu namorado, Natanael Batista, pelo companheirismo e paciência ao longo dessa jornada. Obrigada por celebrar minhas conquistas, por ser conforto nas adversidades e pelo encorajamento para continuar.

À minha orientadora, Claudia Coutinho, pela orientação empática, compreensão, atenção, amizade e paciência ao longo desses anos. Sou imensamente grata pela confiança depositada em mim, pelas oportunidades concedidas e pelo privilégio de adquirir conhecimentos e experiências com uma profissional de referência.

À Gracielle, uma irmã que a pós-graduação me apresentou. Obrigada por dividir alegrias, angústias, conquistas, e por tornar essa caminhada mais leve.

Aos amigos que tive a honra de conhecer no PPGECAM, Matheus, Rayanne, Samara, Cindy, Graziela, pela amizade sincera, conselhos e bons momentos compartilhados.

Aos membros da banca examinadora, Elisângela Rocha, Larissa Granjeiro, Marisete Aquino e Amaya Cortázar, por aceitarem o convite, pelo tempo dedicado, pela cortesia e pelas valiosas contribuições.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, ao corpo docente e administrativo, pelos conhecimentos transmitidos, o suporte acadêmico, a infraestrutura disponibilizada e as oportunidades que contribuíram para minha formação acadêmica.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa, que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro ao projeto "Sustentabilidade de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos integrados à bioeconomia no município de João Pessoa/Paraíba – Brasil".
CNPq/MCTI/FNDCT nº 18/2021 - Grupos Emergentes - nº 405112/2021-1.

RESUMO

Nas últimas décadas, devido ao rápido crescimento populacional e as mudanças nos padrões de consumo, a geração de resíduos sólidos aumentou formidavelmente, desafiando cada vez mais os gestores públicos em relação à sustentabilidade dos seus sistemas. Nesse cenário, a adoção de uma abordagem setorial apoiada por índices de sustentabilidade pode aumentar a eficiência e a assertividade das ações de gestão. Diante disso, esta pesquisa teve como objetivo desenvolver um índice setorizado para avaliar o desempenho do gerenciamento de resíduos sólidos municipais, a partir de setores de coleta dos municípios brasileiros, tomando como estudo de caso o município de João Pessoa, Paraíba. O Índice Setorizado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais (ISGRSM) foi construído em quatro etapas principais. Inicialmente, 26 indicadores das dimensões ambiental, econômica e social foram selecionados por meio de revisão bibliométrica-sistemática, sendo 14 mantidos após decisão de especialistas no tema, utilizando a técnica Delphi. Em seguida, por meio do Processo Analítico Hierárquico (AHP), essas dimensões e indicadores foram ponderados e hierarquizados. Como resultado desse processo, o ISGRSM foi estruturado através da agregação ponderada aditiva de 3 subíndices: ambiental, composto por 6 indicadores; econômico, formado por 3 indicadores; e o social, constituído por 5 indicadores. Os intervalos da métrica apresentam amplitude entre 0 e 1, e cinco faixas de classificação, excelente (> 0.90), bom ($0.71 - 0.90$), moderado ($0.51 - 0.70$), alerta ($0.31 - 0.50$) e crítico (≤ 0.3). Para avaliar a sua aplicabilidade, o índice foi validado em 20 bairros de João Pessoa, organizados de acordo com a classe socioeconômica em A, B, C, D e E. Os resultados revelaram que os setores das classes A e B apresentaram desempenhos moderados, enquanto os bairros das classes C, D e E, com exceção do Bairro dos Ipês que também registrou performance moderada, manifestaram um estado de alerta. As principais limitações identificadas incluem pequena ou nenhuma cobertura da coleta seletiva, baixo engajamento da população, elevados percentuais de destinação dos resíduos para aterro sanitário e ausência de ações educativas, sendo essa problemática agravada nos bairros mais vulneráveis. A partir desses resultados, foi possível concluir que o uso sistemático do índice pode auxiliar na identificação de lacunas na gestão de resíduos, bem como na construção de estratégias assertivas e direcionadas às demandas setoriais.

PALAVRAS-CHAVE: Indicadores, sustentabilidade ambiental, gerenciamento de resíduos, Método Delphi, AHP.

ABSTRACT

In recent decades, due to rapid population growth and changing consumption patterns, solid waste generation has increased dramatically, increasingly challenging public managers regarding the sustainability of their systems. In this context, adopting a sectoral approach supported by sustainability indices can increase the efficiency and assertiveness of management actions. Therefore, this research aimed to develop a sectoral index to assess municipal solid waste management performance, based on collection sectors in Brazilian municipalities, using the municipality of João Pessoa, Paraíba, as a case study. The Sectoral Index of Municipal Solid Waste Management (ISGRSM) was constructed in four main stages. Initially, 26 indicators across environmental, economic, and social dimensions were selected through a systematic bibliometric review, with 14 retained after experts in the field decided upon them using the Delphi technique. Subsequently, using the Analytical Hierarchical Process (AHP), these dimensions and indicators were weighted and ranked. As a result of this process, the ISGRSM was structured through the weighted additive aggregation of three sub-indices: environmental, composed of six indicators; economic, composed of three indicators; and social, composed of five indicators. The metric ranges from 0 to 1, and five classification bands are excellent (> 0.90), good (0.71–0.90), moderate (0.51–0.70), alert (0.31–0.50), and critical (≤ 0.3). To assess its applicability, the index was validated in 20 neighborhoods of João Pessoa, organized according to socioeconomic class as A, B, C, D, and E. The results revealed that sectors in classes A and B presented moderate performance, while neighborhoods in classes C, D, and E, with the exception of Bairro dos Ipês, which also registered moderate performance, manifested a state of alert. The main limitations identified include limited or no selective collection coverage, low public engagement, high landfill disposal rates, and a lack of educational initiatives, all of which are exacerbated in the most vulnerable neighborhoods. Based on these results, it was concluded that systematic use of the index can help identify gaps in waste management and develop assertive strategies tailored to sectoral needs.

KEYWORDS: Indicators, environmental sustainability, waste management, Delphi Method, AHP.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 HIPÓTESES DA PESQUISA	17
2	OBJETIVOS
.....	18
2.1 OBJETIVO GERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	18
3REFERÊNCIAL	TEÓRICO
.....	19
3.1 GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	19
3.2 INDICADORES E ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	21
3.3 TENDÊNCIAS DE PESQUISAS SOBRE INDICADORES APLICADOS À GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO PERÍODO DE 2010 A 2021	27
3.4 MÉTODOS DE APOIO À TOMADA DE DECISÃO	39
3.4.1 <i>Método Delphi</i>	39
3.4.2 <i>Processo Analítico Hierárquico (AHP)</i>	41
4MATERIAIS	E
.....	MÉTODOS
.....	47
4.1 ÁREA DE ESTUDO	48
4.2 SELEÇÃO DOS INDICADORES E ANÁLISE DE RELEVÂNCIA	54
4.2.1 <i>Identificação e Seleção dos indicadores</i>	54
4.2.2 <i>Análise da relevância dos indicadores</i>	56
4.3 PONDERAÇÃO DAS VARIÁVEIS	60
4.3.1 <i>Modelo hierárquico</i>	60
4.3.2 <i>Comparação pareada</i>	61
4.3.3 <i>Determinação dos pesos</i>	63
4.3.4 <i>Análise de consistência</i>	65
4.4 NORMALIZAÇÃO DOS DADOS	66
4.5 AGREGAÇÃO DAS VARIÁVEIS	70
4.6 VALIDAÇÃO DO ÍNDICE	73
4.6.1 <i>Recorte dos Setores</i>	74
4.6.2 <i>Caracterização gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos de João Pessoa/PB</i>	76
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	80

5.1 VARIÁVEIS SELECIONADAS	80
5.2 VALIDAÇÃO DOS INDICADORES.....	83
5.2.1 Perfil dos Especialistas	83
5.2.2 Validação dos indicadores: Método Delphi.....	85
5.2.3 Rodada II – Método Delphi.....	92
5.3 PONDERAÇÃO DAS DIMENSÕES E DOS INDICADORES DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS	97
5.4 ÍNDICE SETORIZADO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS MUNICIPAIS – ISGRSM	107
5.5 VALIDAÇÃO DO ÍNDICE SETORIZADO DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS MUNICIPAIS – ISGRSM	110
5.5.1 Geração de Resíduos Sólidos e Composição Gravimétrica de João Pessoa-PB	110
5.5.2 Geração e composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerados nos setores	116
5.5.3 Validação do ISGRSM nos setores de coleta de João Pessoa/PB	127
5.5.3.1 Aplicação dos indicadores ambientais, econômicos e sociais nos setores ...	128
5.5.3.2 Aplicação do Índice Setorizado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais (ISGRSM) nos setores de João Pessoa.....	139
6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	154
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	156
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PRIMEIRA RODADA DELPHI	175
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO SEGUNDA RODADA DELPHI.....	187
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO AHP	202
APÊNDICE D – CONTRIBUIÇÃO DOS ESPECIALISTAS APÓS A PRIMEIRA RODADA DELPHI	213
APÊNDICE E - ESTIMATIVA DA PARCELA RECICLÁVEL COMERCIALIZADA PELOS BAIROS ATENDIDOS PELOS NÚCLEOS DE RECICLAGEM NO ANO DE 2022.....	218
APÊNDICE F – CÁLCULO DA GERAÇÃO PER CAPITA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOS SETORES	219
APÊNDICE G – CÁLCULO DA TAXA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS EM ATERROS SANITÁRIOS	220
APÊNDICE H – CÁLCULO DA TAXA DE COBERTURA DA COLETA SELETIVA	221
APÊNDICE I – CUSTO ANUAL COM DISPOSIÇÃO EM ATERRO SANITÁRIO	222
APÊNDICE J – PARCELA DE ESCOLAS MUNICIPAIS QUE IMPLEMENTAM PROGRAMAS DE CONSCIENTIZAÇÃO SOBRE RESÍDUOS.....	223
APÊNDICE K - NORMALIZAÇÃO DOS INDICADORES AMBIENTAIS	224

APÊNDICE L - NORMALIZAÇÃO DOS INDICADORES ECONÔMICOS E SOCIAIS.....	225
APÊNDICE M - NORMALIZAÇÃO DO INDICADOR “GERAÇÃO DE RESÍDUOS POR COMPOSIÇÃO” POR MEIO DA METODOLOGIA FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO	227
ANEXO A.....	228

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ordem de prioridade da Gestão de Resíduos Sólidos definida pela PNRS	20
Figura 2 - Tendência das publicações no período temporal de 2010 a 2021.....	28
Figura 3 - Distribuição da Contribuição Científica por País.	29
Figura 4 - Rede de co-ocorrência das palavras chaves.....	32
Figura 5 - Estrutura Hierárquica do método AHP.....	42
Figura 6 - Estrutura hierárquica dos critérios e tecnologias consideradas para o tratamento dos resíduos sólidos domésticos.	44
Figura 7 - Fluxograma das etapas da pesquisa	47
Figura 8 - Mapa de localização de João Pessoa-PB	48
Figura 9 - Fluxo de resíduos domiciliares de João Pessoa-PB.....	49
Figura 10 - Divisão dos lotes de coleta de resíduos sólidos domiciliares de João Pessoa ..	50
Figura 11 - Fluxograma metodológico para determinação do portfólio bibliográfico	54
Figura 12 - Estrutura Hierárquica da pesquisa	61
Figura 13 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil	69
Figura 14 - Etapas metodológicas da caracterização dos RSU dos bairros de João Pessoa/PB	77
Figura 15 - Distribuição dos especialistas por estado brasileiro	84
Figura 16 - Peso global das dimensões de sustentabilidade	100
Figura 17 - Peso dos indicadores ambientais	102
Figura 18 - Peso dos indicadores econômicos.....	104
Figura 19 - Peso dos indicadores sociais	105
Figura 20 - Estrutura do Índice Setorizado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais	109
Figura 21 - Geração de resíduos sólidos domiciliares de João Pessoa – PB no ano de 2022	111
Figura 22 - Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos coletados em João Pessoa/PB	112
Figura 23 - Caracterizações dos resíduos sólidos de João Pessoa relativas aos anos de 2000, 2011, 2013, 2016, 2019, 2022	115
Figura 24 - Geração de resíduos sólidos domiciliares dos bairros estudados no ano de 2022	118
Figura 25 - Correlação entre a renda domiciliar e geração de resíduos orgânicos.....	120
Figura 26 - Correlação entre renda domiciliar e geração de recicláveis secos.....	121
Figura 27 - Média da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos por classe social.....	122
Figura 28 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares dos bairros classe A	123
Figura 29 - Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos dos Bairros Classe B	125
Figura 30 - Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos dos Bairros Classe C	126

Figura 31 - Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos dos Bairros Classe D	126
Figura 32 - Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos dos Bairros Classe E	127
Figura 33 - Resultado do ISGRSM dos setores classe A	144
Figura 34 - Resultado do ISGRSM dos setores classe B.....	145
Figura 35 - Resultado do ISGRSM dos setores classe C.....	146
Figura 36 - Resultado do ISGRSM dos setores classe D	147
Figura 37 - Resultado do ISGRSM dos setores classe E.....	148

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Periódicos mais produtivos da área	28
Tabela 2 - Ranking dos artigos científicos com maior destaque em termos de citação	30
Tabela 3 - Resumo dos Artigos Científicos encontrados com respectivo número de indicadores e componentes avaliadas	33
Tabela 4 - Ponderações dos parâmetros selecionados.	45
Tabela 5 - Temas, subtemas e pesos obtidos com aplicação do AHP	45
Tabela 6 - Resumo do total anual recuperado pelos núcleos de coleta seletiva de João Pessoa/PB no ano de 2022.....	52
Tabela 7 - Nível de consenso baseado no valor do DQ.....	60
Tabela 8 - Modelo de comparação par a par das dimensões de sustentabilidade adotado na pesquisa	62
Tabela 9 - Modelo da matriz de Julgamento das Dimensões	63
Tabela 10 - Normalização da matriz: somatório de cada coluna da matriz.....	63
Tabela 11 - Normalização da matriz: divisão de cada elemento da matriz pelo somatório da respectiva coluna	63
Tabela 12 - Matriz normalizada.....	64
Tabela 13 - Determinação do autovetor da matriz	64
Tabela 14 - Faixa de classificação do indicador Geração de resíduos por composição	70
Tabela 15 - Classificação das classes econômicas conforme faixa de renda	75
Tabela 16 - Classificação social dos bairros de acordo com o rendimento domiciliar	75
Tabela 17 - Caracterização da formação e esfera de atuação dos especialistas.	83
Tabela 18 - Resultados da primeira rodada do Método Delphi.....	86
Tabela 19 - Resultado estatístico da segunda rodada Delphi	93
Tabela 20 - Matrizes de decisão para as dimensões Ambiental (A), Econômica (E) e Social (S)	98
Tabela 21 - Matrizes de decisão normalizadas e peso das dimensões por especialista.....	99
Tabela 22 - Consistência das matrizes de julgamento dos indicadores ambientais, econômicos e sociais	101
Tabela 23 - Ponderações das dimensões e dos indicadores.....	106
Tabela 25 - Estimativa dos resíduos sólidos recicláveis produzidos em cada bairro e comercializado pelos núcleos de reciclagem no ano de 2022	116
Tabela 26 - Estimativa dos resíduos sólidos domiciliares gerados nos bairros no ano de 2022	117
Tabela 27 - Estatística descritiva dos dados e teste de normalidade Shapiro-Wilk	119
Tabela 28 - Correlação de Pearson e modelo da regressão linear dos parâmetros resíduo orgânico e reciclável em relação à renda.....	120
Tabela 29 - Determinação dos indicadores ambientais para os setores analisados	129
Tabela 30 - Modelo de regressão encontrado para a correlação entre geração per capita e renda	130
Tabela 31 - Modelo de regressão encontrado para a correlação entre geração per capita e população.....	131

Tabela 32 - Modelo de regressão linear múltipla	132
Tabela 33 - Determinação dos indicadores econômicos para os setores analisados	133
Tabela 34 - Dados utilizados no cálculo e compreensão do custo anual com disposição em aterro dos setores de João Pessoa	134
Tabela 35 - Resultado dos indicadores sociais dos setores estudados.....	137
Tabela 36 - Aplicação dos subíndices ambiental, econômico e social.....	139
Tabela 37 - Aplicação dos subíndices e do ISGRSM dos setores de João Pessoa/PB	143

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento populacional e a rápida urbanização, a gestão de resíduos sólidos urbanos (GRSU) tem se tornado complexa em diversas partes do mundo (Shoddo, 2024). Esse cenário se agrava, sobretudo, devido à falta de infraestrutura para absorver o aumento da geração de resíduos (Vongdala *et al.*, 2019) e à restrição financeira enfrentada pelos municípios para cobrir os custos associadas ao gerenciamento (Javed; Malik, 2022).

Globalmente, a geração de resíduos sólidos, para o ano de 2020, foi estimada em 2,1 bilhões de toneladas, com projeções indicando um aumento para 3,8 bilhões em 2050. Da parcela gerada em 2020, apenas 62% foram descartados adequadamente em aterros sanitários (30%), por meio de reciclagem (19%) e conversão para geração de energia (13%) (PNUMA, 2024). Esse cenário reforça a urgência de esforços para expandir práticas de descarte ambientalmente corretas e incentivar alternativas aos aterros sanitários, especialmente em países em desenvolvimento, onde a disposição em aterros ainda predomina (Galavote *et al.*, 2024).

Nesse viés, a forma como um país gerencia seus resíduos influencia diretamente o seu desenvolvimento sustentável (Ghosh *et al.*, 2018), isso porque a eficiência da gestão depende de políticas de apoio, da participação pública-privada e da integração tecnológica (Rashid *et al.*, 2025). Para Soltani *et al.*, (2015), uma GRSU eficiente deve considerar o planejamento estratégico de acordo com as particularidades do sistema e a definição de metas em todos os estágios do gerenciamento dos resíduos.

A nível municipal, a análise setorial surge como uma abordagem que pode contribuir para uma gestão sustentável dos resíduos, pois permite, a partir da segmentação geográfica e das características de uma área, como densidade populacional, perfil socioeconômico e padrão de consumo, identificar modelos de geração e destinação adotados e propor estratégias direcionadas às demandas de cada setor.

Para medir o impacto dessa setorialização e embasar ações mais assertivas, os índices se manifestam como ferramentas com grande potencial. Por serem holísticos e sistêmicos, fornecem informações capazes de apontar o desempenho de um sistema e as questões-chaves, através da sintetização de uma variável individual ou agregada (Barros; Silveira, 2019). Além disso, são instrumentos mensuráveis no tempo e/ou espaço, podendo essa medida ser estabelecida de forma quantitativa ou através de escalas qualitativas (Astleithner *et al.*, 2004).

Os índices além de fornecerem um panorama geral de um sistema, auxiliam na detecção de questões que podem ser melhoradas, permite a comparação de cenários, contribui para a seleção de boas práticas, e apoia o planejamento e o processo de tomada de decisões (Cervantes *et al.*, 2018). Em paralelo, contribuem para que os gestores públicos e formuladores de políticas cumpram exigências legais, alcancem a sustentabilidade das ações (Picatoste; Justel; Mendonza, 2025) e realizem projeções à curto, médio e longo prazo (Dizdaroglu, 2015).

O número de pesquisas que utilizam indicadores e índices para avaliar a GRSU municipal em uma perspectiva generalizada é significativo (Santiago; Dias, 2012; Veiga *et al.*, 2016; Kabera *et al.*, 2019; Gonçalves, 2019; Neves, 2022, Urgal, 2022). No entanto, investigar os desafios enfrentados pelas cidades brasileiras de forma particularizada pode ser considerada uma abordagem inovadora para o reconhecimento das fragilidades setoriais e a melhoria dos serviços prestados no âmbito dos resíduos sólidos. Além disso, reconhecer as singularidades de cada setor pode contribuir para a otimização de recurso, para um arranjo operacional da logística mais eficiente e também para avanço nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial aqueles voltados à gestão de resíduos sustentável, como sustentabilidade urbana (ODS 11), consumo e produção responsáveis (ODS 12) e ação contra as mudanças climáticas (ODS 13).

Fundamentado nessa lacuna científica, esta pesquisa visa desenvolver um índice capaz de avaliar a sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos urbanos (GRSU) a partir dos setores de coleta dos municípios brasileiros, tomando como estudo de caso o município de João Pessoa, Paraíba.

Esta tese está estruturada em 6 capítulos, onde o primeiro contempla a introdução e as hipóteses da pesquisa. O segundo apresenta os objetivos geral e específicos que fundamentam a realização do estudo. O terceiro capítulo trás o referencial teórico, com abordagens sobre gestão e gerenciamento de resíduos, indicadores e índices aplicados ao tema e métodos de apoio à tomada de decisão para seleção e hierarquização das métricas. No quarto capítulo é detalhada a metodologia adotada para alcançar os objetivos propostos. O quinto capítulo expõe os resultados encontrados com a realização da pesquisa. Por fim, o sexto e último capítulo, apresenta a conclusão, sugestões de estratégias de ações e pesquisas futuras, seguido pelas referências bibliográficas, apêndices e anexo.

1.1 Hipóteses da Pesquisa

A presente pesquisa buscou responder às seguintes hipóteses:

- A análise setorizada do gerenciamento de resíduos sólidos possibilita a identificação das lacunas existentes no sistema de acordo com as particularidades locais.
- Os índices de gestão de resíduos permitem avaliar o progresso da gestão rumo à sustentabilidade, ao identificar as áreas que devem ser desenvolvidas estratégias para a melhoria do sistema.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Desenvolver um índice capaz de avaliar a sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos urbanos (GRSU) a partir dos setores de coleta dos municípios brasileiros, tomando como estudo de caso o município de João Pessoa, Paraíba - Brasil.

2.2 Objetivos Específicos:

- a) Selecionar indicadores, avaliar sua relevância para a composição do índice e hierarquizá-los de acordo com o ponto de vista de especialistas.
- b) Agregar, matematicamente, os indicadores, visando a elaboração de um índice que compile informações econômicas, sociais e ambientais da gestão de resíduos sólidos.
- c) Validar o índice em diferentes setores de coleta de resíduos da cidade de João Pessoa, a fim de verificar sua eficácia e aplicabilidade.

3 REFERÊNCIAL TEÓRICO

3.1 Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos

Diante do aumento da pegada ecológica urbana, o meio ambiente tem passado por transformações que intensificaram a vulnerabilidade e tornaram a relação homem-meio ambiente conflituosa (Han *et al.*, 2020). O sistema de produção linear, o atual modelo de consumo e a urbanização levaram a uma crise na geração de resíduos sólidos que impactou diretamente as práticas de gestão (Heidari; Yazdanparast; Jabbarzadeh, 2019).

Evidentemente não é apenas a geração de resíduos que afeta a qualidade ambiental, mas a forma como são gerenciados. A destinação final ambientalmente adequada é um dos principais obstáculos encontrados na gestão, uma vez que grandes montantes de resíduos estão se acumulando em espaços urbanos, demandando disponibilidade de áreas e capacidade de aterros sanitários para disposição final.

De acordo com informações da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, ainda existe uma parcela considerável de municípios brasileiros que descartam inadequadamente os resíduos sólidos (ABRELPE, 2020), causando externalidades negativas com ramificações ambientais, sociais e econômicas (Kansanga *et al.*, 2020).

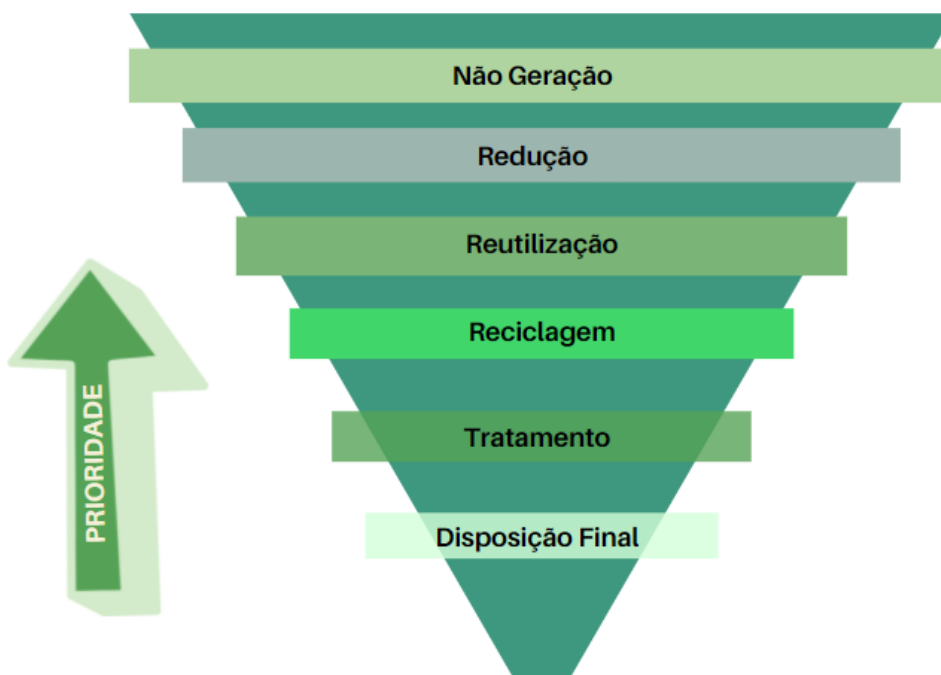
Nessa perspectiva, os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) têm exigido uma maior atenção em razão das quantidades produzidas e da heterogeneidade na composição (Pereira; Fernandino, 2019). No Brasil, a Lei nº 12.305 de 2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, classifica os resíduos sólidos de acordo com a sua origem e periculosidade. Dentre os quais, destacam-se os resíduos sólidos domiciliares (RSD), que são resultantes de atividades domésticas em residências urbanas; e os resíduos sólidos urbanos (RSU), provenientes de atividades domésticas, varrição, limpeza de logradouros, vias públicas e outros serviços de limpeza urbana (Brasil, 2010).

Um dos principais pilares da PNRS é a gestão integrada de resíduos sólidos, que pode ser entendida como um conjunto de ações direcionadas a solucionar questões relativas aos resíduos sólidos e que contemplem aspectos políticos, econômicos, ambientais, culturais e sociais, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (Brasil, 2010).

Para que essa gestão seja eficiente e sustentável, ela deve ser desenvolvida considerando as inter-relações entre meio ambiente, sociedade e economia. Isso implica

em um planejamento que considere todo o fluxo dos resíduos, desde a não geração, que representa a prioridade máxima em um sistema de gestão, até a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (Figura 1).

Figura 1 - Ordem de prioridade da Gestão de Resíduos Sólidos definida pela PNRS



Fonte: Elaborado pela autora com informações de Brasil (2010).

A PNRS também estabelece as responsabilidades pelo gerenciamento dos resíduos sólidos, atribuindo à administração municipal a responsabilidade pela gestão dos RSU e pela elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PMGIRS. Esses planos devem contemplar um panorama da GRSU, além de abordar soluções, práticas e tecnologias empregadas no manejo dos resíduos. Entretanto, muitas cidades brasileiras ainda enfrentam dificuldades para a implantação de uma gestão eficaz, que incluem elevados custos operacionais, ausência de políticas públicas estruturadas e falta de mão de obra especializada (Leal Filho, 2016).

Além disso, segundo Guerrini *et al.* (2017) a identificação de fatores externos é um dos principais desafios na análise da eficiência do processo de gestão. Por esta razão, torna-se viável a utilização de indicadores para o monitoramento contínuo da gestão e do gerenciamento dos resíduos (Veiga *et al.*, 2016), oferecendo um diagnóstico da situação para que estratégias sejam traçadas.

3.2 Indicadores e Índices de Sustentabilidade na Gestão de Resíduos Sólidos

Amplamente têm-se utilizado índices e indicadores na medição de fenômenos relacionados ao meio ambiente, sociedade e economia. Estas ferramentas têm se difundido ao longo do tempo, substituindo análises unidimensionais por um agregado de variáveis que auxiliam na interpretação de informações e na identificação de aspectos latentes do sistema (Mauro *et al.*, 2021).

Muitas vezes os termos índice e indicador são tratados como sinônimos, o que realça a necessidade de discutir os conceitos para esquivar-se de ambiguidades e da aplicação errônea destas ferramentas. O Ministério do Meio Ambiente – MMA define indicadores como ferramentas simplificadas de um grande conjunto de informações quantificadas, de fácil compreensão, utilizadas no processo de tomada de decisão (MMA, 2020). Para Amador-Cruz *et al.* (2021), os indicadores são instrumentos que apontam as condições de determinado evento, enquanto que para Greene e Tonjes (2014), podem ser caracterizados como ferramentas de gestão, onde sua aplicação fornece informações relevantes a respeito do desempenho de sistemas.

Os indicadores são variáveis isoladas ou conjuntas que retratam a particularidade do estado de um sistema, seja por dados estimados ou observados (Siche *et al.*, 2007; Dizdaroglu, 2015). Índices são espécies de indicadores compostos ou sintéticos (Pinto *et al.*, 2017), ou seja, trata-se de um conjunto de indicadores individuais agregados em uma única variável, o índice (Molinos-Senante; Delgado-Antequera; Gómez, 2021). Siche *et al.* (2007, p. 139) explicaram índice como “valor agregado final de todo um procedimento de cálculo onde se utilizam, inclusive, indicadores como variáveis que o compõem”.

Na perspectiva sustentável, os indicadores e índices avaliam o progresso de um sistema em direção à sustentabilidade. Os indicadores fornecem informações que auxiliam na identificação de vulnerabilidades, e contribuem para a construção de projeções à curto prazo, enquanto os índices analisam transformações da implantação de projetos ou políticas (Dizdaroglu, 2015).

No contexto dos resíduos sólidos, um amplo conjunto de indicadores e índices foram desenvolvidos e têm sido utilizados para avaliar a eficiência e tendência à sustentabilidade dos sistemas de gestão de resíduos sólidos. A PNRS determina a utilização de indicadores no monitoramento dos serviços públicos de limpeza urbana e sistemas de manejo de resíduos, como parte do conteúdo mínimo do PMGIRS (Brasil, 2010).

O Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico – SNISA tem realizado o diagnóstico do manejo de resíduos sólidos dos municípios brasileiros, por meio de indicadores. Estes indicadores englobam a avaliação sobre despesas de trabalhadores, coleta domiciliar e pública, coleta seletiva e triagem, coleta de resíduos de serviços de saúde; serviços de varrição, capina e roçada; serviços da construção civil. Para análise da gestão de RSU alguns indicadores são aplicáveis, conforme mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Indicadores sobre Resíduos Sólidos aplicáveis à análise do sistema de gestão

Indicador	Unidade
IN014 - Taxa de cobertura do serviço de coleta domiciliar direta (porta-a-porta) da população urbana do município.	%
IN015 - Taxa de cobertura regular do serviço de coleta de rdo em relação à população total do município	%
IN016 - Taxa de cobertura regular do serviço de coleta de resíduo domiciliar em relação à população urbana	%
IN019 - Taxa de empregados (coletadores + motoristas) na coleta (rdo + rpu) em relação à população urbana	%
IN021 - Massa coletada (rdo + rpu) per capita em relação à população urbana	kg/hab.dia
IN023 - Custo unitário médio do serviço de coleta (rdo + rpu)	R\$/ton
IN024 - Incidência do custo do serviço de coleta (rdo + rpu) no custo total do manejo de resíduo sólido urbano	%
IN027 - Taxa da quantidade total coletada de rpu em relação à quantidade total coletada de rdo	%

RDO – Resíduo Domiciliar; RPU – Resíduo Público Urbano. Fonte: Brasil, 2020

Paralelamente, a literatura acadêmica tem utilizado indicadores para avaliar estes sistemas, como Jucá, Barbosa e Sobral (2020) utilizaram 13 indicadores de sustentabilidade para avaliar a GRSU da Região Metropolitana de Recife-PE. As dimensões consideradas foram a social, ambiental, econômica e legal/institucional, conforme mostrado no Quadro 2. A análise do estudo revelou que a coleta seletiva e a autonomia financeira dos municípios representam as principais fragilidades do sistema de GRSU dos municípios da região metropolitana, evidenciando a necessidade de ações integradas para atingir uma gestão sustentável e eficaz.

Quadro 2 - Indicadores de Sustentabilidade para análise da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos

Dimensão	Indicador
Social	Taxa de cobertura da coleta de resíduos sólidos urbanos (RSU) em relação à população urbana.
	Taxa de funcionários por habitante urbano
	Existência de organização formal do coletor
	Existência de trabalho social realizado pela prefeitura para os catadores

Ambiental	Eliminação de resíduos em locais adequados
	Existência de coleta seletiva
	Taxa de coleta seletiva porta a porta em relação à população urbana
Econômica	Massa RSW coletada, per capita, em relação à população urbana
	Receita arrecadada, per capita, com serviços de gestão em relação à população urbana
	Despesa, per capita, com RSU em relação à população urbana
Legal ou Institucional	Política de Saneamento Básico, conforme Lei nº 11.445 / 2007
	Plano Municipal de Saneamento, conforme Lei nº 11.455 / 2007
	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, de acordo com a Lei nº 12.305 / 2010

Fonte: Jucá, Barbosa e Sobral (2020)

Deus, Bezerra e Battistelle (2019) por meio de revisão bibliométrica identificaram os indicadores mais utilizados na avaliação do desempenho da gestão de RSU, considerando o tripé da sustentabilidade (Quadro 3). Os autores concluíram que a dimensão ambiental é tratada com maior relevância pela literatura, seguido das dimensões econômica e social.

Quadro 3 - Principais indicadores de sustentabilidade encontrados por Deus, Bezerra e Battistelle (2019)

Dimensão	Indicadores Gerais
Ambiental	Ciclo de Vida
	Volume do aterro ou porcentagem encaminhada de resíduos
	Custo Ambiental
	Pegada ecológica e Pegada de carbono
	Geração de resíduos
	Compostagem, reciclagem ou incineração (taxa e separação na fonte)
	Avaliação de risco e impacto, incluindo tratamento e controle
	Índice de poluição e qualidade do ar / água
	Desperdício zero (interligado com outros indicadores)
Ambiental e econômica	Emissões gasosas
	Recuperação, demanda ou fluxo de material (valorização)
Ambiental, econômica e social	Energia e Emergia
	Índice de recuperação líquida e índice de intensidade de transporte (específico para uma pesquisa particular)
Econômica	Custo Econômico
	Retorno financeiro (venda de recicláveis, produção de energia, coleções, etc.) e receita financeira
	Equipamentos (distância, consumo de combustível, tempo, etc.) e pessoal (trabalhadores)
Social	Cobertura de cobrança e serviços (incluindo quantidade, tipos e taxas)
	Satisfação do usuário
	Aspectos de Governança
	Empregabilidade
	Danos à saúde humana (qualidade de vida)

Fonte: Deus, Bezerra e Battistelle (2019)

Pereira, Curi, Curi (2018) desenvolveram um modelo para avaliar a GRSU, intitulado por modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos sustentável (MGRSUS), no qual foi estruturado por 46 indicadores distribuídos em 04 dimensões de sustentabilidade: ambiental, social, técnico-operacional e econômico-financeira (Quadro 4). O modelo foi aplicado em municípios que compõe a Região Metropolitana de Campina Grande, onde os autores puderam identificar que os municípios de pequeno porte apresentam gestão ineficiente, principalmente no quesito disposição final.

Quadro 4 - Parcela dos Indicadores utilizados no modelo de MGRSUS

Dimensão	Indicador
Ambiental	Quantidade de RSU per capita
	Coleta Seletiva e Triagem
	Formas de disposição final dos RSU (aterro sanitário, aterro controlado e lixões)
Social	Fração da população urbana atendida pela coleta de resíduos
	Taxa de urbanização da população atendida pela coleta de resíduos
	Existência de catadores de materiais recicláveis
Técnico-operacional	Taxa de cobertura do serviço de coleta dos RSU
	Frequência da coleta de RSU
	Quantidade de transportes utilizada na coleta dos RSU
Econômico-financeira	Cobrança dos serviços de coleta de resíduos e limpeza urbana
	Pagamento de pessoal encarregado pelo serviço de coleta e limpeza urbana
	Revenda de materiais recicláveis e composto orgânico

Fonte: Pereira, Curi, Curi (2018)

Rigamonti *et al.* (2016) desenvolveram um indicador composto para avaliar e comparar, de forma objetiva, o desempenho ambiental e econômico de um sistema integrado de gestão de resíduos. O modelo é constituído por 3 indicadores individuais, sendo dois ambientais - Indicador de Recuperação de Materiais e Indicador de Recuperação de Energia – e um econômico – Indicador de Custos.

Juárez-Hernández (2021) aplicou indicadores de desempenho para investigar os caminhos realizados na rota de coleta atual dos RSU cidades do México. O autor considerou indicadores de energia fóssil, emissões de gases de efeito estufa, recuperação de recursos e custo econômico. Os resultados indicaram que o gerenciamento atual dos resíduos é insustentável a longo prazo, e que os caminhos hipotéticos gerados no estudo se apresentaram mais eficientes e sustentáveis.

Zaman e Lehman (2013) em seu estudo propuseram uma ferramenta denominada “índice de lixo zero” para avaliar o desempenho dos sistemas de gestão de resíduos sólidos municipais em relação ao desperdício e à recuperação dos resíduos. O índice é

composto pelos indicadores quantidade potencial de resíduos gerenciados pela cidade e quantidade total de resíduos gerados na cidade, conforme Equação (1).

$$ZWI = \frac{\sum_1^n WMSi * SFi}{\sum_1^n GWS} \quad (1)$$

Onde, $WMSi$ corresponde à quantidade de resíduos gerenciados pelo sistema i , SFi indica o fator de substituição para diferentes sistemas de gerenciamento de resíduos com base em sua eficiência de substituição de material virgem, e GWS representa a quantidade total de resíduos gerados (toneladas de todos os fluxos de resíduos). Esse índice foi aplicado em três cidades, Adelaide (AUS), São Francisco (EUA) e Estocolmo (SE), e indicou com São Francisco possuía a maior taxa de desperdício zero, quando comparada as outras cidades. Além disso, substituição de materiais virgens, economia de energia, economia de emissões e economia de água também foram maiores para essa cidade.

Gonçalves (2019) propôs um índice de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (IGIRS), composto por cinco dimensões da sustentabilidade (operacional, ambiental, político-econômica, educacional e social) e 143 indicadores. Esse índice é composto por 3 subíndices que consideram os resíduos sólidos urbanos, os resíduos de serviços de saúde e os resíduos da construção civil, denominados: Índice da Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (IGRSU), Índice da Gestão dos Resíduos Serviço de Saúde (IGRSS), e Índice da Gestão dos Resíduos da Construção Civil (IGRCC).

A Equação (2) representa a fórmula de cálculo do índice:

$$IGIRS \text{ Global} = (w^{RSU} \cdot IGRSU) + (w^{RSS} \cdot IGRSS) + (w^{RCC} \cdot IGRCC) \quad (2)$$

Em que, IGIRS Global: Índice da Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos; w^{RSU} : peso do grupo RSU; IGRSU: Índice da Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos; w^{RSS} : peso do grupo de RSS; IGRSS: Índice da Gestão dos Resíduos Serviço de Saúde; w^{RCC} : peso do grupo de RCC; IGRCC: Índice da Gestão dos Resíduos da Construção Civil. A avaliação do IGIRS segue a seguinte escala de classificação: alta eficiência ($0,7 < IGIRS \leq 1,0$), média eficiência ($0,5 < IGIRS \leq 0,7$) e baixa eficiência ($0,0 < IGIRS \leq 0,5$).

Neves (2022), elaborou um Índice de Qualidade da Gestão dos Resíduos Sólidos (IQGRS) para avaliar o nível de sustentabilidade da gestão de resíduos nos municípios.

Esse índice é composto por 40 indicadores, distribuídos entre as dimensões política/institucional, tecnológica/operacional, econômica/financeira, ambiental/ecológica, conhecimento/educação ambiental, inclusão social e cultural (Quadro 5).

Quadro 5 - Relação de alguns indicadores e suas respectivas dimensões propostos por Neves (2022)

Dimensão	Indicador
Política/ Institucional	Grau de estruturação da gestão de rsu na administração pública municipal
	Existência de informações sobre a gestão de rsu sistematizadas e disponibilizadas para a população
	Participação em Consórcios
Tecnológica/ Operacional	Apresenta fiscalização dos serviços de limpeza pública
	Uso de mão de obra local
	Uso de EPIs pelos funcionários dos rsu
Econômica/ Financeira	Origem dos recursos para resíduos sólidos
	% do orçamento do município destinado aos serviços de limpeza pública e manejo dos rsu
	Aplicação dos recursos provenientes da coleta seletiva
Ambiental/ Ecológica	Existência de coleta seletiva no município
	Recuperação de materiais recicláveis
	Recuperação de resíduos orgânicos
Conhecimento/ Educação Ambiental	Existência de ações de mobilização/ sensibilização ambiental
	Existência de Parcerias (Associados, Universidades, Setor Privado, Movimentos Sociais)
	Periodicidade da realização de ações de educação ambiental
Inclusão Social	Salubridade do local de trabalho dos catadores
	Pessoas atuantes na cadeia de resíduos que tem acesso ou orientação definidos em Política Pública Municipal
Cultural	Variação da geração per capita de rsu
	Efetividade de programas educativos contínuos voltados para boas práticas da gestão de rsu

Fonte: Neves (2022)

Em relação à formulação matemática do índice, foi desenvolvida a partir da média ponderada, considerando a seguinte Equação (3):

$$IQGRS = \frac{(P1 * D1) + (P2 * D2) + (P3 * D3) + (P4 * D4) + (P5 * D5) + (P6 * D6) + (P7 * D7)}{100} \quad (3)$$

IQGRS indica o valor obtido com a aplicação do índice referente a gestão dos resíduos sólidos; P1 a P7 correspondem aos pesos estabelecidos a essas dimensões, enquanto D1 a D7 equivalem aos valores das dimensões.

A construção de um índice segue etapas metodológicas semelhantes, que envolvem a seleção dos componentes (dimensões, subdimensões e indicadores) a ponderação e a agregação das variáveis. No entanto, a condução de cada etapa e a seleção da abordagem mais apropriada é influenciada pelo objetivo da pesquisa, como demonstrado nas formulações matemáticas apresentadas nos estudos acima.

3.3 Tendências de pesquisas sobre Indicadores aplicados à Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no período de 2010 a 2021

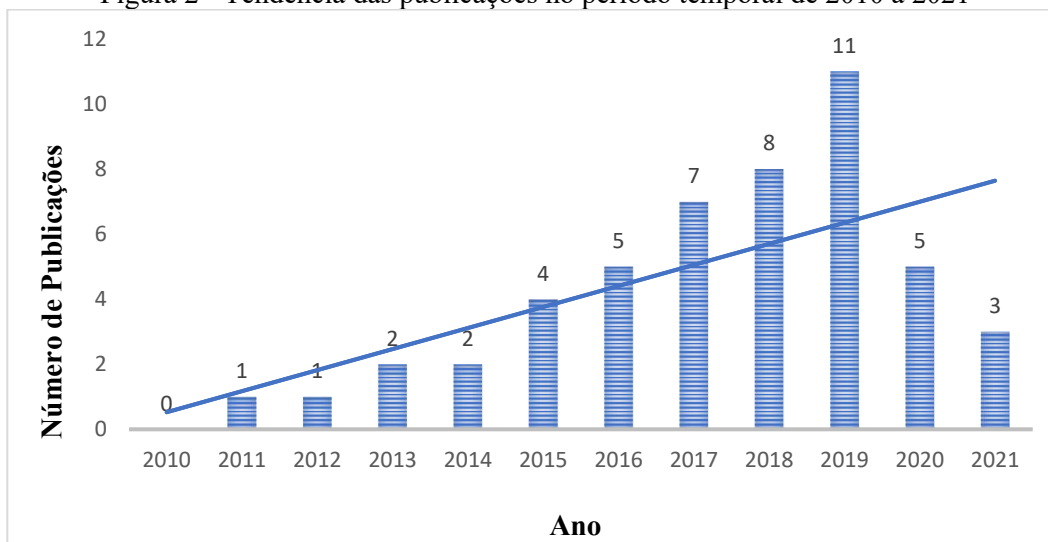
A problemática da GRSU retrata a necessidade de estudos que investiguem numa maior compreensão da dinâmica relativo às potencialidades do uso de indicadores para avaliação desses sistemas. Desta feita, a bibliometria se apresenta como uma importante ferramenta para o estudo teórico do estado da arte. A mesma possibilita a comparação e quantificação das produções científicas de determinados campos de estudo, tendo como base o processo de análise de agregação de dados como ano de publicação, distribuição geográfica, títulos das publicações, periódicos, autores e citações (Sun; Grimes, 2016). Deste feito, foi realizada uma revisão bibliométrica-sistemática, que buscou identificar as nuances evolutivas relacionados ao tema, bem como identificar os principais indicadores para avaliação dos sistemas de gestão de resíduos sólidos municipais, no período temporal de 2010 a 2021.

Quarenta e nove (49) artigos sobre indicadores para avaliação da gestão de resíduos sólidos municipais foram identificados e extraídos das bases de dados ScienceDirect e Web of Science, considerando o intervalo temporal entre 2010 e 2021.

A distribuição das publicações ao longo do período analisado é mostrada na Figura 2. Nota-se uma flutuação no número de publicações ao longo dos anos, sendo constatada uma lacuna na produção científica em 2010, e identificação de apenas uma publicação em 2011 (Passarini *et al.*, 2011), mantendo um crescimento gradual e lento até 2014. A partir de 2015 até o ano de 2019 houve um aumento substancial na quantidade de artigos produzidos, atingindo o pico em 2019 com onze (11) artigos, e posterior, queda nos anos de 2020 e 2021. Uma justificativa que pode ter influenciado o decréscimo do número de publicações pode ser atribuída à pandemia por COVID-19, que impactou o desenvolvimento das pesquisas acadêmicas em todo o mundo. De forma geral, os dados revelam que o número de publicações sobre o tema ainda é bastante limitado,

especialmente diante da notoriedade que a problemática dos resíduos sólidos tem recebido e da necessidade de técnicas de controle e de monitoramento.

Figura 2 - Tendência das publicações no período temporal de 2010 a 2021



Fonte: Sá *et al.* (2024)

Os artigos encontrados foram publicados em 28 periódicos. Desse corpus, foram selecionadas as revistas com pelo menos 3 publicações sobre o tema, onde 7 atenderam a esse critério. O periódico *Waste Management and Research* apresentou o maior número de artigos científicos publicados, perfazendo um total de 8 trabalhos (16%). Essas pesquisas abordam sobre avaliação dos indicadores (Tot *et al.*, 2017) e também sobre a aplicação dos indicadores por meio de estudos de casos em países da África (Kabera *et al.*, 2019; Oduro-Appiah *et al.*, 2017), da América do Sul (Ferronato *et al.*, 2018; Jucá *et al.*, 2020), da Ásia Central (Sim *et al.*, 2013) e da Europa (Milutinovic *et al.*, 2016; Stanislavljevic *et al.*, 2015). A Tabela 1 mostra os periódicos que mais publicaram artigos na área de indicadores.

Tabela 1 - Periódicos mais produtivos da área

Periódico	Número de Publicações	Journal Impact Factor (JFI)
Waste Management and Research	8	4.432
Engenharia Sanitária e Ambiental	4	0.551
Waste Management	4	8.816
Ecological Indicators	3	6.263
Journal of Cleaner Production	3	11.072
Journal of Material Cycles and Waste Management	3	3.579
Sustainability	3	-

Fonte: Sá *et al.* (2024)

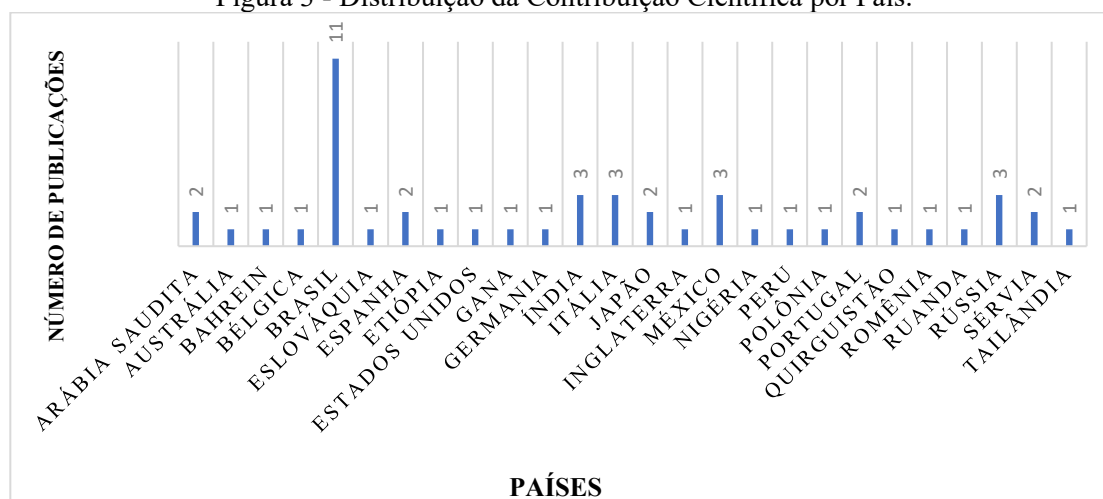
Seguido da *Waste Management and Research*, as revistas *Engenharia Sanitária e Ambiental* e *Waste Management* apresentaram os maiores quantitativos de publicações, 4 cada uma. Esse resultado indica que os periódicos em questão podem ser uma escolha adequada para publicação de pesquisas sobre indicadores de gestão de resíduos sólidos.

Em relação ao JFI, destacaram-se os periódicos *Journal of Cleaner Production* (11.072), *Waste Management* (8.816) e *Ecological Indicators* com maiores índices. De acordo com Li *et al.*, (2021), essa métrica não possui relação direta entre as revistas com maior número de publicações, como pode ser observado com os periódicos *Journal of Cleaner Production* e *Waste Management* que possuem alto FI, mas apresentaram número de publicações inferior à *Waste Management and Research*.

Identificar a contribuição de cada país é essencial, pois através desta é possível identificar as regiões que possuem maior interesse no assunto, assim como as nações que incentivam a elaboração de estudos para desenvolvimento de ciência e tecnologia em alguns campos científicos (Polat *et al.*, 2022).

Estas informações foram analisadas segundo a nacionalidade dos autores. Estatisticamente, 26 países contribuíram com pesquisas sobre o tema (Figura 3). É possível observar o interesse mundial da comunidade científica sobre o tema, sendo o Brasil (22%) o mais proeminente neste campo de estudo, seguido da Índia (6%), Itália (6%), México (6%) e Rússia (6%).

Figura 3 - Distribuição da Contribuição Científica por País.



Fonte: Sá *et al.* (2024)

O primeiro lugar na análise é ocupado pelo Brasil, o que não é surpreendente, já que a Política Nacional de Resíduos Sólidos, promulgada em 2010, e regulamentada em

2022 através do Decreto nº 10.936, estabelece que os indicadores façam parte do conteúdo mínimo dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.

Um grande número das pesquisas brasileiras está concentrado na aplicação de indicadores de sustentabilidade para avaliar sistemas de GRSU municipais. Exemplo disso, como já citado, ocorre no trabalho de Pereira, Curi, Curi (2018), que desenvolveram um modelo para avaliar a GRSU intitulado como modelo de gestão dos resíduos sólidos urbanos sustentável (MGRSUS), no qual foi estruturado com 46 indicadores distribuídos em 04 dimensões de sustentabilidade: ambiental, social, técnico-operacional e econômico-financeira. O modelo foi aplicado em municípios que compõem a Região Metropolitana de Campina Grande, onde os autores puderam identificar que os municípios de pequeno porte apresentam gestão ineficiente, principalmente no quesito disposição final.

Em outra pesquisa, Jucá, Barbosa e Sobral (2020) avaliaram 4 dimensões da sustentabilidade (ambiental, social, econômica e legal/institucional) da GRSU da região de Recife (Brasil) com base em 13 indicadores que revelaram a necessidade de uma maior educação ambiental e ações conjuntas que envolvessem a população, o poder público e iniciativas privadas.

A análise das citações permite identificar as publicações mais prolíferas e influentes do campo de estudo, desta forma, o ranking dos cinco artigos mais citados pode ser observado na Tabela 2. Os artigos escritos por Wilson *et al.*, (2015), Zaman (2014) e Passarini *et al.*, (2011) foram os mais citados e, conseqüentemente, os escritos com maior destaque, apresentando abordagens relevantes e tornando-se um indicativo de que estas pesquisas têm sido influentes.

Tabela 2 - Ranking dos artigos científicos com maior destaque em termos de citação

Autores	Título	Número de citações
Wilson <i>et al.</i> , (2015)	'Wasteaware' benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities	320
Zaman (2014)	Identification of key assessment indicators of the zero waste management systems	198
Rodrigues <i>et al.</i> , (2018)	Developing criteria for performance assessment in municipal solid waste management	152
Passarini <i>et al.</i> , (2011)	Indicators of waste management efficiency related to different territorial conditions	139
Greene e Tonjes (2014)	Quantitative assessments of municipal waste management systems: Using different indicators to compare and rank programs in New York State	135

Fonte: Sá *et al.* (2024)

Em relação ao conteúdo dos artigos mais citados, Wilson *et al.*, (2015) sugeriram a utilização de indicadores de referência qualitativos e quantitativos para avaliar a gestão integrada de resíduos sustentáveis. Em sua pesquisa os indicadores foram divididos em duas componentes: física e de governança. A componente física contempla os indicadores quantitativos sobre a coleta, a reciclagem e o descarte dos resíduos, enquanto a de governança abrange indicadores qualitativos voltados para a inclusão do usuário e do provedor, sustentabilidade financeira, instituições sólidas e políticas proativas.

No estudo desenvolvido por Zaman (2014), o autor propôs um conjunto de 56 indicadores para avaliar sistemas de gestão de resíduos zero, nos quais foram categorizados em 7 dimensões: geoadministrativa, sociocultural, gestão, econômica, ambiental, organizacional e política. A gestão de resíduos zero diferencia-se do sistema de gestão tradicional, pois reconhece o desperdício como um recurso que pode ser reaproveitado e transformado na sua fase intermediária, desta forma, a proposta fornece um conjunto abrangente de indicadores-chave que relaciona diversos eixos temáticos para medir o progresso e para prever cenários de desenvolvimento eficazes.

Por sua vez, Passarini *et al.*, (2011) avaliaram os indicadores de geração de resíduos e coleta seletiva para sistemas de gestão de resíduos em áreas com diferentes condições territoriais, como densidade populacional e altitude. A correlação destas variáveis demonstrou que municípios com menores densidades populacionais podem apresentar resultados facilmente alcançáveis e satisfatórios no que tange ao sistema de gestão de resíduos. Além disso, os resultados apontaram para um diagnóstico do cenário atual, através de inferências gerais, mostrando a importância da analogia do sistema de gestão com as características locais para a seleção das melhores alternativas.

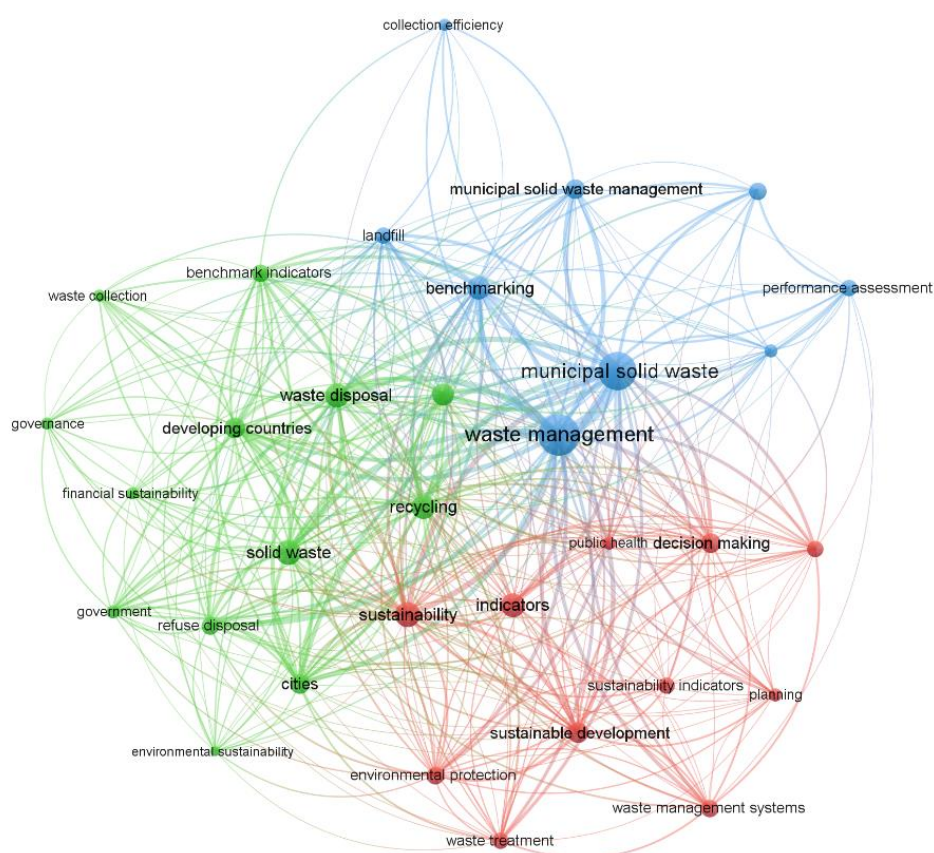
A avaliação de sistemas de gestão de resíduos caracterizou-se como abordagem semelhante entre os artigos de maior relevância, sendo um aspecto de diferenciação a quantidade e o tipo de categoria dos indicadores. Estas metodologias tem apresentado aplicabilidade e resultados satisfatórios na avaliação da GRSU em diferentes cidades de todo o mundo (Byamba *et al.*, 2017; Oduro-Appiah *et al.*, 2017; Rana, Ganguly, Gupta, 2017; Ferronato *et al.*, 2018; Kabera *et al.*, 2019).

No âmbito das co-palavras foi analisada a co-ocorrência das palavras-chaves, com a finalidade de identificar os termos mais recorrentes utilizados pelos pesquisadores e a estrutura de conhecimento de um campo científico (Burki; Burki; Najan, 2021; Hu *et al.*, 2023). Foi definido um critério mínimo de 10 ocorrências para cada termo para

classificação dos mais relevantes, assim, das 1641 palavras-chaves, 30 satisfizeram essa condição.

O termo “waste management” apresentou maior relevância, seguido das palavras “municipal solid waste”, “sustainability” e “indicators”, o que indica que os estudos estão concentrados na área de investigação abordada (Figura 4). Esses termos revelam sobre a utilização dos indicadores para a análise dos sistemas de gestão de resíduos municipais, nos quais estão intimamente conectados com as etapas de gerenciamento, bem como com aspectos sustentáveis, financeiros e governamentais.

Figura 4 - Rede de co-ocorrência das palavras chaves



Fonte: Sá *et al.* (2024)

Na rede de co-ocorrência (Figura 4) é possível observar a formação de 3 clusters compostos por grupos de palavras-chaves que se correlacionam através das redes. O cluster verde é o mais representativo e agrupa estudos relacionados às etapas do sistema de gerenciamento dos resíduos e aspectos técnicos da gestão, como coleta, reciclagem, disposição final, governança e sustentabilidade financeira. Entre o grupo, o estudo elaborado por ElSaid e Aghezzaf (2018) ganha destaque, pois propõe um conjunto de

indicadores que traduz as etapas do sistema de gerenciamento (coleta, triagem, reciclagem, compostagem, recuperação de energia e disposição final) em informações.

O cluster vermelho inclui os indicadores e revela a relevância dessas ferramentas na avaliação da GRSU e na orientação dos gestores no processo decisório, no planejamento de atividades e no aprimoramento do gerenciamento de resíduos. Izquierdo-Horna, Damazo e Yanayaco (2020) evidenciam sobre a importância dos indicadores como ferramentas de apoio na otimização do processo de gestão, possibilitando a compreensão de pontos cruciais que permitam implantar planos de gerenciamento de resíduos de acordo com as necessidades locais.

Por sua vez, o cluster azul indicou campos de pesquisa relacionados à gestão de resíduos sólidos, especialmente sobre a importância das avaliações de desempenho dos sistemas municipais de resíduos. Dentre os artigos, destaca-se o estudo realizado por Galicia, Páez e Padilha (2019) que utilizou indicadores de referência para avaliar políticas e programas de GRSU na cidade do México. As componentes avaliadas foram as físicas e de governança, sendo possível constatar que o aspecto de governança apresentou maiores desafios, principalmente em relação ao marco legal regulatório, que atribui aos estados e municípios a responsabilidade da gestão dos resíduos, sem que haja meios de controle e de apoio para verificar as regulamentações.

Os artigos aptos a integrarem a pesquisa foram sistematicamente revisados. Com isso, foi possível observar que os estudos versam sobre proposição de indicadores (8 artigos), avaliação da estrutura dos indicadores (1) e aplicação dos indicadores sobre territórios (41 artigos). O elevado número de estudos de caso justifica-se pelo foco da pesquisa, que busca investigar os indicadores utilizados na análise de sistemas de gestão de resíduos sólidos a nível municipal.

Foram encontrados 949 indicadores e 64 componentes que categorizam essas ferramentas (Tabela 3). Alguns estudos agruparam os indicadores de acordo com os pilares da sustentabilidade: econômica, social e ambiental (Rodrigues *et al.*, 2018; Silva, Prietto, Korf, 2019); outros de acordo com as etapas de gerenciamento de resíduos (coleta, tratamento e disposição final) (Elsaid; Aghezzaf, 2018); e alguns conforme parâmetros técnicos, operacionais, físicos e de governança (Wilson *et al.*, 2015; Olay-Romero *et al.*, 2020).

Tabela 3 - Resumo dos Artigos Científicos encontrados com respectivo número de indicadores e componentes avaliadas

Autor (es)	Número de Indicadores	Componentes avaliadas
Santiago e Dias (2012)	42	política, tecnológica, econômica/financeira, ambiental/ecológica, conhecimento e inclusão social
Mendes <i>et al.</i> (2013)	24	recursos humanos, ambientais, financeiros, de infraestrutura e operacionais
Sim <i>et al.</i> (2013)	7	componentes físicos e estratégias de governança
Zaman (2014)	56	geoadministrativo, sociocultural, gestão, econômico, ambiental, organizacional e político
Parekh <i>et al.</i> (2015)	44	cobertura; transporte; disposição; reclamação do consumidor; custo unitário; resultado; segregação, recuperação e reciclagem; fatores ambientais
Veiga <i>et al.</i> (2016)	12	Saúde
Moreira <i>et al.</i> (2017)	29	pressão, estado, impacto e resposta
Tot <i>et al.</i> (2017)	14	institucional-administrativa, econômica, tecnológica e social
ElSaid e Aghezzaf (2018)	27	geral; coleta e classificação; reciclagem; compostagem; recuperação de energia; aterro
Rodrigues <i>et al.</i> , (2018)	32	econômica, social e ambiental
AlHumid <i>et al.</i> (2019)	61	serviço público e participação, pessoal, ativos físicos, operacional, ambiental, sustentabilidade, financeiro
Fratta <i>et al.</i> (2019)	10	ambiental/ecológica; econômica; social; política/institucional; cultural; tecnológica
Ferreira <i>et al.</i> (2020)	10	operacional e políticas de reciclagem
Olay-Romero <i>et al.</i> (2020)	10	Técnica
Cervantes, Sahagun, Cortázar (2021)	63	institucional; eficácia do governo; transparência e responsabilidade; criação de rede; participação; e controle da corrupção

Fonte: Sá *et al.* (2024)

Além disso, foi constatado que a quantidade de indicadores utilizados para avaliar a gestão de resíduos sólidos é variável, já que alguns estudos empregaram um número reduzido de indicadores, como Sim *et al.*, (2013) e Fratta *et al.*, (2019), que adotaram 7 e 10, respectivamente. Em contrapartida, Santiago e Dias (2012) e AlHumid *et al.*, (2019) utilizaram um número abrangente, sendo 42 e 61, nessa ordem. . Dessa forma, infere-se que não há uma quantidade ideal de indicadores para avaliar esses sistemas, estando condicionada à diversos fatores como parâmetros avaliados, dimensões consideradas e disponibilidade de dados confiáveis. Contudo, uma quantidade reduzida de indicadores pode não representar com eficiência todos os aspectos do sistema, mas um grande número pode limitar a aplicação em função da necessidade de informações acessíveis e confiáveis (Greene, Tonjes, 2014; Santiago, Dias, 2012; Wilson *et al.*, 2015).

Os principais indicadores utilizados para avaliar a gestão de resíduos sólidos, conforme identificados nesta revisão, foram agrupados em diferentes dimensões: ambiental, econômica e social, conforme mostrado no Quadro 6.

Quadro 6 - Indicadores-chave utilizados para avaliação da gestão de resíduos sólidos

DIMENSÃO	INDICADOR	REFERÊNCIA
AMBIENTAL	Geração de resíduos sólidos per capita (t/hab./ano)	Pereira, Curi, Curi (2018); Santiago e Dias (2012); Silva, Prietto e Korf (2019); ElSaid (2018)
	Taxa de reciclagem (%)	Byamba <i>et al.</i> (2017), Galicia (2019), Rana (2015)
	Cobertura de coleta dos resíduos sólidos urbanos (%)	Ferronato <i>et al.</i> , (2018), Galicia, Páez e Padilla (2019), Olay-Romero <i>et al.</i> (2019), Silva, Prietto e Korf (2019), Galicia, Páez e Padilla (2019)
ECONÔMICA	Despesas com gestão de resíduos (\$/ano)	Lahou (2019), Ferreira <i>et al.</i> (2020)
	Custo da disposição em aterro sanitário (R\$/hab./ano)	Silva, Prietto e Korf (2019); Lahou (2019); Mendes <i>et al.</i> (2013); AlHumid <i>et al.</i> (2019)
	Gasto com gerenciamento de resíduos per capita (R\$/hab./ano)	Mendes <i>et al.</i> (2013); Silva, Prietto e Korf (2019)
SOCIAL	Existência de organização formal de catadores	Jucá, Barbosa e Sobral (2020); Santiago e Dias (2012); Pereira e Fernandino (2019)
	Satisfação do usuário	Ibáñez-Forés <i>et al.</i> (2019); Rodrigues <i>et al.</i> (2018)
	Capacitação contínua dos agentes que atuam na limpeza pública	Pereira e Fernandino (2019); AlHumid <i>et al.</i> (2019); Fratta (2019)

Fonte: Sá *et al.* (2024)

Os indicadores encontrados são focados na análise de diferentes etapas da gestão de resíduos, abrangendo a coleta, o transporte, o tratamento e a disposição final. Esses indicadores levam em consideração, especialmente, os aspectos relacionados ao meio ambiente, à economia e à sociedade. A gestão de resíduos é uma questão que perpassa os domínios da sustentabilidade, tornando-se fundamental considerar as vertentes sociais, ambientais e econômicas (Silva; Prietto; Korf, 2019; Taelman *et al.*, 2020).

Os indicadores da componente ambiental envolvem métricas capazes de avaliar os impactos ambientais dos resíduos sólidos sobre o meio ambiente (Pereira, Curi, Curi, 2018), essas métricas incluem a existência de coleta seletiva, o descarte de resíduos em locais adequados e a geração de resíduos per capita (Barros; Silveira, 2019; Jucá, Barbosa, Sobral, 2020). O indicador geração de resíduos sólidos per capita é universalmente uma das métricas mais adotadas em estudos dessa natureza (Santiago; Dias, 2012; Elsaid,

2018; Pereira, Curi, Curi, 2018; Silva, Prietto, Korf, 2019). Esse indicador mede a quantidade de resíduos produzidos por habitante em uma determinada região por dia ou ano, e apresenta influência de fatores como crescimento populacional, progresso econômico, mudanças no estilo de vida e nos padrões de consumo (Adamović *et al.*, 2017).

Para Galicia, Páez e Padilla (2019), o desenvolvimento econômico e populacional, resulta em um incremento na geração de resíduos, o que gera desafios para a gestão eficiente, principalmente em termos de coleta e tratamento. Para contornar essas dificuldades, os autores evidenciam a importância de expandir a cobertura da coleta de resíduos e reduzir o despejo ilegal.

A cobertura da coleta de resíduos é outra medida importante na gestão de resíduos sólidos, pois avalia a extensão de uma área geográfica atendida pelo serviço de coleta de resíduos. Silva, Prietto e Korf (2019) utilizaram o referido indicador em três cidades do Rio Grande do Sul, no Brasil, e observaram que todas elas apresentaram taxa de cobertura de 100%, superando a média nacional de 90,80% para o ano de 2015. Galicia, Páez e Padilla (2019) relataram que a taxa de cobertura na Cidade do México atingiu 82% em 2017, e atribuíram esse valor à ausência de controle dos prestadores de serviços privados e das informações, o que dificulta a determinação precisa da quantidade de resíduos gerados.

Já os indicadores econômicos fornecem informações sobre a situação econômico-financeira da gestão de resíduos (Zeng *et al.*, 2017), estando diretamente relacionados aos custos e as receitas. São exemplos disso os indicadores: receita arrecadada com os serviços de gestão, despesas com resíduos sólidos urbanos e autofinanciamento da gestão de resíduos sólidos urbanos (Silva; Prietto; Korf, 2019). A despesa com a gestão de resíduos (\$/ano), por exemplo, é um indicador que mensura os custos financeiros investidos na implementação e operação da gestão, desde a coleta até a disposição final. Essas despesas possuem interferência de aspectos como complexidade do sistema, infraestrutura, abrangência das rotas tecnológicas e mão de obra. Em um estudo realizado por Mendes *et al.* (2013), foi avaliado os custos da gestão de resíduos em uma região turística que apresenta grandes variações sazonais. De acordo com os autores, os gastos com transporte e disposição final constituíram as principais despesa.

A dimensão social avalia as circunstâncias sociais dos indivíduos envolvidos na gestão de resíduos, sejam prestadores de serviços ou usuários. Essas condições podem ser avaliadas por meio de indicadores como grau de satisfação no atendimento ao usuário,

qualificação e treinamento dos profissionais envolvidos (Rodrigues *et al.*, 2018), educação e sensibilidade ambiental da população (Santiago; Dias, 2012; Parekh *et al.*, 2014).

O nível de educação ambiental de uma população reflete o grau de conscientização, de sensibilização e de desenvolvimento de padrões sustentáveis (Pereira; Fernandino, 2019). Na gestão de resíduos, esse indicador reverbera em outros parâmetros como redução da geração de resíduos, adesão da população aos programas de coleta seletiva e eficiência na segregação dos resíduos. Ferronato *et al.* (2018) utilizaram esse indicador para avaliar as práticas adotadas em La Paz, na Bolívia, e constataram que existe uma carência de educação ambiental, além das baixas taxas de separação na fonte. De acordo com os autores, isso ocorre devido à pouca conscientização da população e à relutância em adotar tais práticas, no entanto, quando as pessoas recebem orientações sobre a reciclagem e são incluídas nas atividades dos programas, tendem a apresentar maior probabilidade de adesão às atividades.

Outro aspecto importante a ser considerado é a escala espacial em que essas pesquisas foram realizadas, ficando evidente que a produção científica tem focado em escalas municipais, o que também é o escopo deste estudo. Exemplo disso ocorre no trabalho de Misganaw e Tefera (2021), que desenvolveram e utilizaram indicadores da estrutura *Driver, Pressure, State, Impact, Response* e *Outcome* (DPSIRO) para avaliar o gerenciamento de resíduos sólidos de Bahir Dar (Etiópia), chegando à conclusão de que a região deve implantar estratégias de gerenciamento baseada nos 3Rs, para potencializar os benefícios econômicos, ao mesmo tempo que minimiza os riscos ambientais e sociais.

No estudo desenvolvido por Barros e Silveira (2019), foi proposto um conjunto de 16 indicadores de sustentabilidade, juntamente com uma análise da aplicabilidade desses indicadores em três municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte, no Brasil. Os resultados revelaram uma tendência predominantemente favorável à sustentabilidade nos municípios de Belo Horizonte (69%), Betim (63%) e Contagem (56%), superando as tendências desfavoráveis ou muito desfavoráveis. No entanto, foi observado que a gestão precisa expandir as iniciativas relacionadas ao gerenciamento de resíduos, incluindo sua recuperação, reciclagem e compostagem, além de promover a inclusão de catadores de materiais recicláveis na prestação dos serviços formais de destinação dos resíduos sólidos.

Oduro-Appiah *et al.* (2017) selecionaram a cidade de Accra, na Gana, para avaliar o desempenho da gestão municipal de resíduos sob a ótica dos aspectos físicos e de

governança. Foi constatada que Accra apresentou um desempenho inferior em vários indicadores quanto comparado a cidades de renda média-baixa e baixa. A taxa de cobertura da coleta, por exemplo, é de apenas 75%, valor abaixo das cidades de países de renda média-baixa, que têm uma média de 88%. Outro ponto observado é que a contribuição de prestadores de serviços formais para cobertura de coleta remanesceu, enquanto a coleta informal cresceu consideravelmente.

Os autores pontuaram que esse cenário tem grande relação com o envolvimento das empresas privadas na gestão dos resíduos, e a falta de supervisão e fiscalização dessas empresas que operam sem muita regulamentação. A proposta para melhorar o desempenho do sistema reside em reconhecer, integrar e regulamentar o setor informal, bem como acompanhar essas informações por meio de plataforma que compile todos os processos de planejamento e implementação da gestão.

Em outro estudo, Cervantes, Sahagun e Cortázar (2021) propuseram um método, baseado em indicadores, para avaliar a governança local de sistemas gestão dos resíduos. Além disso, a metodologia foi testada em dois municípios mexicanos, Zapopan e San Pedro Tlaquepaque. Zapopan se sobressaiu com um desempenho superior em quase todas as fases da gestão, exceto na área da coleta. Esses resultados podem estar diretamente relacionados ao fato de que a gestão é integralmente operada pelo setor público. Tlaquepaque apresentou resultados favoráveis em apenas dois indicadores, ambos derivados da gestão privada do serviço: benefícios relacionados ao salário e taxa média. Segundo os autores, Tlaquepaque poderia reverter essa diferença aumentando o monitoramento e controle das empresas concessionárias.

Outras pesquisas foram desenvolvidas para avaliar os sistemas de gestão de resíduos sólidos municipais, como nos estudos propostos por Greene e Tonjes (2014) em dez municípios do Estado de Nova York, EUA; Byamba e Ishikawa (2017) na cidade de Ulaanbaatar, Mongólia; Fratta *et al.* (2019) em 3 municípios brasileiros e Stanisavljevic *et al.* (2015) em cinco municípios da Sérvia.

A partir dessas análises foi possível observar que a utilização de indicadores tem atraído a atenção de pesquisadores a nível mundial, visto que essas ferramentas têm fornecido uma visão do cenário do sistema de gestão, conduzindo os gestores no processo de tomada de decisão e alinhamento de ações. Em suma, os estudos estão focados em avaliar o sistema como um todo, sem considerar os pormenores que podem influenciar no sucesso do gerenciamento, como por exemplo, a análise setorializada.

Assim, esse levantamento pretende subsidiar a produção de novas pesquisas que versem sobre as lacunas ora identificadas, de modo a contribuir com a compreensão sobre indicadores de sustentabilidade na perspectiva da gestão de resíduos sólidos municipais entre a comunidade acadêmica e os gestores públicos.

3.4 Métodos de apoio à tomada de decisão

3.4.1 Método Delphi

O Método Delphi é um processo sistemático e interativo que consiste na estruturação de um problema por meio do consenso da opinião de especialistas (Sterling *et al.*, 2023). Esse método tem sido utilizado para elucidar problemas e auxiliar na tomada de decisão de diversas áreas como educação, saúde, negócios, meio ambiente (Yang; Xu; Xu, 2023).

A técnica é composta por diversos elementos que buscam alcançar a confiabilidade das respostas (Gracht, 2012; Olsen *et al.*, 2021), como:

- i. Anonimato: os especialistas não tem acesso às respostas dos outros participantes, visando reduzir interferências nas respostas.
- ii. Interação: o método é desenvolvido em rodadas sequenciais, que podem variar entre duas e quatro, a depender da complexidade do tema e do nível de divergência das opiniões.
- iii. Feedback controlado: as respostas são criteriosamente analisadas e utilizadas para ajustar o instrumento que está sendo analisado.
- iv. Agregação das respostas do grupo: as respostas fornecidas ao longo das rodadas são analisadas e convertidas em um consenso.

O método é conduzido por meio de rodadas estruturadas, nas quais especialistas recebem questionários para avaliação. Em tese, a literatura recomenda que sejam realizadas entre 2 e 4 rodadas (Seyis, 2020; Shahrabi, Shokouhyar, Zeidyahyae, 2021), no entanto, muitas pesquisas realizam em duas ou três rodadas, devido à dificuldade em manter os especialistas engajados por um longo período de tempo (Abreu, Messias, 2020).

Geralmente, os problemas são avaliados por meio de questionários, sejam eletrônicos ou físicos. Esses questionários são distribuídos aos especialistas, onde passam a avaliar os pontos levantados e fornecem feedbacks pertinentes. Os especialistas são

profissionais com expertise e conhecimento na área de estudo, com nível de educação superior ou que possui cargo em uma organização profissional (Ahmad; Wong, 2019).

Na primeira rodada, o questionário com o problema é enviado aos especialistas para avaliarem os critérios levantados (Bui *et al.*, 2020). Além disso, ao identificarem questões que impactam o problema, os envolvidos podem sugerir adaptações, inclusão de novas variáveis ou exclusão daquelas que não contribuem com o escopo da pesquisa.

Após o interrogatório inicial de cada participante, as repostas individuais são organizadas e analisadas utilizando estatística descritiva (Kajjoba *et al.*, 2024), que posteriormente são utilizados como insumo para o aperfeiçoamento dos parâmetros nas rodadas subsequentes. Essas respostas são compartilhadas com o grupo de especialistas no início de uma nova rodada, permitindo que o indivíduo reconsidere sua opinião, se necessário, em face às respostas fornecidas pelos outros membros (Muchangos, Tokai, Hanashima, 2015), facilitando o refinamento das opiniões e o estabelecimento de um consenso (Antunes, 2023).

Em relação ao consenso, existem diversos métodos para medir o nível de concordância entre as respostas, como média, mediana, moda, desvio padrão, intervalo interquartilico. De acordo com Shukor e Ng (2022), grande parte das pesquisas optam pelo uso da mediana como medida de consenso, especialmente quando se utiliza escala Likert. Na literatura, o nível de consenso é variável e abrange uma faixa de valores entre 50% e 80% (Mahanty *et al.* 2021; Ahmad, Wong, 2019; Chang, Hsu, Chang, 2011).

A utilização de metodologias de apoio à tomada de decisão que agregam opiniões de especialistas é indispensável na identificação de lacunas, avaliação e priorização de estratégias. Na pesquisa desenvolvida por Zhao, Ali e Ahmad (2023), foi empregada a técnica Delphi para selecionar indicadores de regeneração urbana. O processo envolveu 25 especialistas que, por meio de 3 rodadas, chegaram ao consenso sobre 55 dos 61 indicadores inicialmente propostos.

Sá *et al.* (2024) identificaram 32 indicadores das dimensões políticos/institucionais, ambiental, econômica, social, saúde e segurança do catador, e desastres, epidemias e pandemias, aplicáveis à análise de programas de coleta seletiva. Os indicadores passaram pelo processo de validação, por meio da técnica Delphi, resultando na retenção de 25 indicadores. Nesse estudo, a metodologia mostrou-se eficiente na validação e refinamento de indicadores, ao incorporar a perspectiva de especialistas para mitigar incertezas.

Na mesma perspectiva, Silva *et al.* (2023) adotaram a técnica para avaliar 31 indicadores para compor um índice de sustentabilidade para a avaliação do sistema de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. Estes indicadores foram agrupados nos seguintes eixos temáticos: política/institucional, de conhecimento/cobertura, econômica, social e ambiental, para compor um índice de sustentabilidade para a avaliação do sistema de gerenciamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos.

No estudo de Neves (2022), o método foi aplicado para atribuir pesos às dimensões e aos indicadores, constituindo uma das etapas da construção de um índice direcionado à avaliação da qualidade da gestão de resíduos. De forma análoga, Coelho *et al.* (2011) integraram a metodologia na elaboração de um índice de destinação de resíduos sólidos industriais, visando definir um conjunto final de indicadores e seus respectivos pesos. Nesse estudo, 31 indicadores, agrupados em 7 subíndices foram inicialmente propostos: minimização da geração de resíduos (IMR), de reaproveitamento (IRR), de reciclagem (IRC), de coprocessamento (ICO), de incineração (IIN), de disposição final (IDF) e de estocagem (IES).

3.4.2 Processo Analítico Hierárquico (AHP)

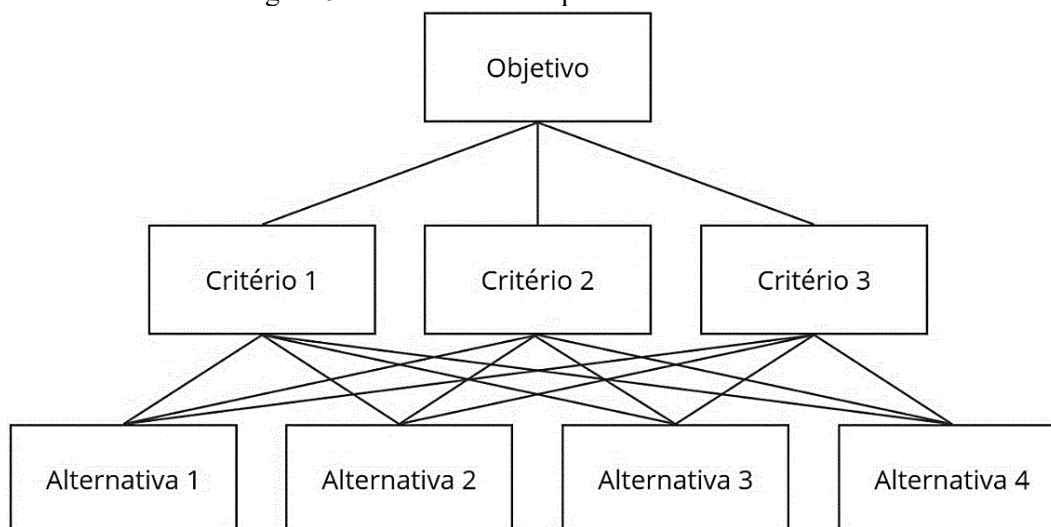
O Processo Analítico Hierárquico (AHP) é uma técnica de apoio à tomada de decisão utilizada quando existem diversos aspectos a serem avaliados. Ele inclui a participação de tomadores de decisão, geralmente especialistas no tema, que são responsáveis por avaliar problemas complexos e identificar soluções adequadas (Ali *et al.*, 2020).

A análise do problema e priorização das alternativas ocorre por meio da construção de hierarquias e comparação de cenários (Hussain *et al.*, 2021). Para isso, o modelo de análise é desenvolvido em 4 etapas principais: i) construção do modelo hierárquico; ii) comparação pareada; iii) determinação dos pesos; iv) teste de consistência (Yusheng, Ntarmah, 2021).

No desenvolvimento da AHP, a primeira etapa consiste na estruturação do modelo hierárquico (Yusheng, Ntarmah, 2021), onde o problema é dividido em níveis hierárquicos – superior, intermediário e inferior. No nível mais alto, superior, encontra-se o objetivo, ou seja, o problema que será solucionado. No intermediário, estão presentes os critérios e/ou subcritérios, e no inferior, as alternativas (Waris *et al.*, 2019). A divisão

do problema em níveis facilita a sua visualização e contribui para a resolução individual para que, posteriormente, as partes sejam confrontadas e o problema solucionado (Figura 5).

Figura 5 - Estrutura Hierárquica do método AHP



Fonte: Adaptado Saaty (1987)

Em um estudo sobre gestão de resíduos sólidos urbanos, a hierarquia foi estruturada para avaliar as dimensões ambiental, social e econômica, com subcritérios específicos em cada dimensão (Gautam, Garg, Tiwari, 2022). No estudo de Sadati, Getabi e Rabbani (2024), o objetivo era selecionar tecnologias de conversão de resíduos em energia. Para isso, a estrutura hierárquica considerou critérios como consumo de energia, impacto ambiental e infraestrutura.

Estruturado o problema e estabelecida as hierarquias, a segunda etapa consiste na comparação par a par entre os critérios para determinar a sua importância relativa. Para isso, é utilizada uma escala numérica de nove pontos proposta por Saaty (1987) (Quadro 7).

Quadro 7 - Escala de pontos adotada na comparação das alternativas

ESCALA NUMÉRICA	GRAU DE IMPORTÂNCIA
1	Igual importância
3	Importância moderada de um sobre o outro
5	Importância essencial ou forte
7	Importância muito forte
9	Importância extrema
2, 4, 6, 8	Valores intermediários

Fonte: Saaty (1987)

Esse processo de comparação leva ao surgimento de uma matriz quadrada, denominada matriz de comparação, que será composta pelos pesos atribuídos à cada critério (Bechroune *et al.*, 2024). Os pesos resultantes das comparações por pares são derivados utilizando metodologias como a do autovetor e refletem a importância relativa de cada critério, orientando a escolha de alternativas viáveis. Na seleção de locais potenciais para a instalação de aterros sanitários, por exemplo, o AHP pondera fatores como proximidade de corpos d'água e uso da terra (Bechroune *et al.*, 2024, Cobos-Mora *et al.*, 2022).

As comparações e os julgamentos em métodos de apoio à tomada de decisão são geralmente subjetivos, isso porque os julgamentos levam em conta preferências individuais que podem influenciar no resultado final (Parekh *et al.*, 2014). Para garantir que os julgamentos sejam consistentes, a etapa final do AHP compreende o cálculo da Razão de Consistência (RC) das matrizes.

A RC é definida como a razão entre o índice de consistência (IC) e o índice de consistência aleatória (RI). Se o RC for inferior à 0,1 indica que a matriz é consistente, caso contrário, denotará a presença de inconsistências nos julgamentos que precisarão ser revisados (Saaty, 1991). A formulação do RC é mostrada pela Equação (4).

$$RC = \frac{\text{Índice de Consistência (IC)}}{\text{Índice de consistência de uma matriz tipo aleatória (RI)}} \quad (4)$$

O IC avalia a inconsistência da matriz, por meio da Equação (5). Enquanto o RI é determinado a partir de valores tabelados por Saaty (1991), que levam em consideração a ordem da matriz de julgamento (Quadro 8).

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

Onde,

λ_{\max} = autovalor máximo da matriz;

n = ordem da matriz de comparações.

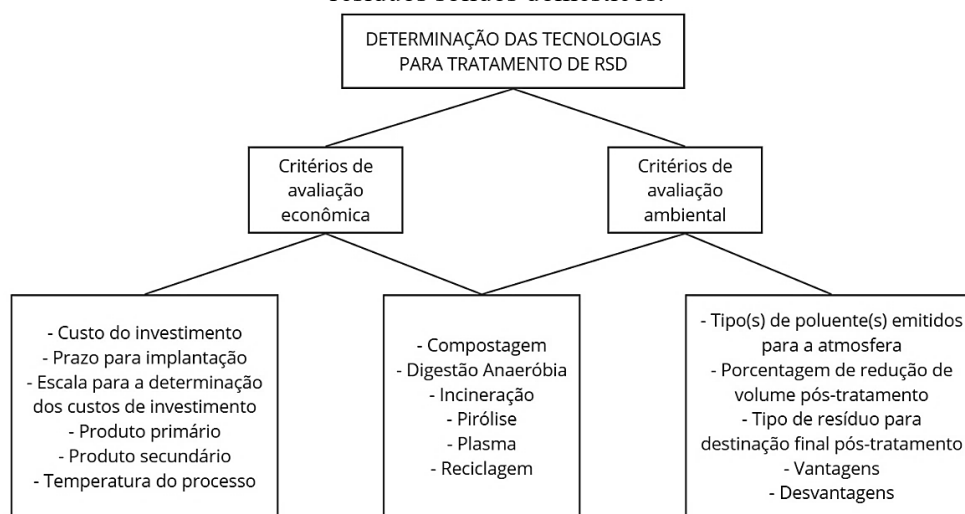
Quadro 8 - Índice de consistência aleatória (IR)

Tamanho da Matriz (N)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice de consistência aleatória (IR)	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Fonte: Saaty (1991)

Marchezetti, Kaviski e Braga (2011), aplicaram o AHP para hierarquizar tecnologias de tratamento de resíduos sólidos domiciliares, considerando critérios econômicos e ambientais, conforme a estrutura hierárquica apresentada na Figura 6. As alternativas avaliadas incluíram a compostagem, digestão anaeróbia, incineração, pirólise, plasma e reciclagem. Os resultados indicaram que a reciclagem foi a tecnologia mais recomendada, obtendo uma pontuação de 3,488, enquanto a incineração foi a menos indicada, com 1,005 pontos, evidenciando a preferência por soluções ambientais sustentáveis do ponto de vista ambiental e econômico.

Figura 6 - Estrutura hierárquica dos critérios e tecnologias consideradas para o tratamento dos resíduos sólidos domésticos.



Fonte: Marchezetti, Kaviski e Braga (2011)

Harfadli *et al.* (2025) empregaram o AHP para priorizar cenários de gerenciamento de resíduos sólidos na cidade de Balikpapan, Indonésia, considerando seis critérios: ambiental, econômico, político, sociedade, técnico e consumo de recursos. Os resultados demonstraram que os critérios ambiental (40%), político (16%) e social (15%) apresentaram maior impacto nos cenários analisados, evidenciando que esses aspectos são fundamentais na tomada de decisão para o gerenciamento de resíduos. Esses achados demonstram a relevância da incorporação de múltiplas dimensões na formulação de

estratégias e ações de gestão de RSU para garantir sustentabilidade ambiental, social e política.

No estudo de Parvez e Ahammed (2024), foi desenvolvido um Índice de Digestibilidade Anaeróbica (ADI) utilizando o AHP para hierarquizar os parâmetros influentes no processo. 11 parâmetros foram avaliados, sendo observado que a relação entre sólidos voláteis e sólidos totais (VS/TS), teor de lignina e relação carbono/nitrogênio (C/N), apresentaram maior interferência no processo de digestão anaeróbia (Tabela 4). Esses resultados ressaltam o papel crítico desses elementos no processo e guia os responsáveis pelo monitoramento do processo sobre os parâmetros que requerem maior atenção ao optar por essa forma de tratamento.

Tabela 4 - Ponderações dos parâmetros selecionados.

Crítérios principais	Subcritérios/parâmetros	Peso
Características brutas	Razão VS/TS	0.217
	Relação C/N	0.131
	Índice	0.121
Composição química	Conteúdo de lignina	0.192
	Conteúdo de carboidratos	0.097
Nutrientes	Enxofre	0.040
	Nitrogênio total	0.083
	Fósforo total	0.034
	Ferro	0.043
Micronutrientes/tóxicos	Níquel	0.022
	Cobalto	0.019

Relação VS/TS – indica o conteúdo orgânico presente no resíduo. C/N – relação carbono/nitrogênio. Fonte: Parvez, Ahammed (2024)

Kwatra *et al.* (2021) aplicaram o método AHP no processo de atribuição de peso aos temas e subtemas utilizados na construção de um índice de desenvolvimento sustentável. A análise abrangeu três dimensões - ambiental, econômico e social - e 18 subtemas. As descobertas revelaram que todas as dimensões apresentaram relevâncias aproximadas, com ênfase na dimensão ambiental, que apresentou o maior peso (0.38). Apesar dos temas terem apresentado pesos semelhantes, os subtemas apresentaram variações significativas em sua priorização, com indicadores de resíduos na dimensão ambiental (0.21), governança na social (0.20) e meio de subsistência (0.35) na econômica, considerados mais pertinentes sem seus respectivos temas (Tabela 5).

Tabela 5 - Temas, subtemas e pesos obtidos com aplicação do AHP

TEMA	PESO	SUBTEMA	PESO
	0.38	Qualidade do ar	0.09

		Água	0.16
		Resíduos	0.21
Ambiental		Floresta e Biodiversidade	0.13
		Terra	0.17
		Mudanças climáticas e eventos extremos	0.11
		Ecologia oceânica, marítima e costeira	0.13
Social	0.32	Saúde e Nutrição	0.15
		Educação	0.15
		Demografia	0.12
		Comodidades básicas	0.16
		Governança	0.20
		Pobreza	0.13
		Gênero	0.09
Econômica	0.30	Macroeconomia	0.20
		Padrão de consumo e produção	0.20
		Orçamento ambiental	0.25
		Meio de subsistência	0.35

Fonte: Kwatra *et al.* (2021)

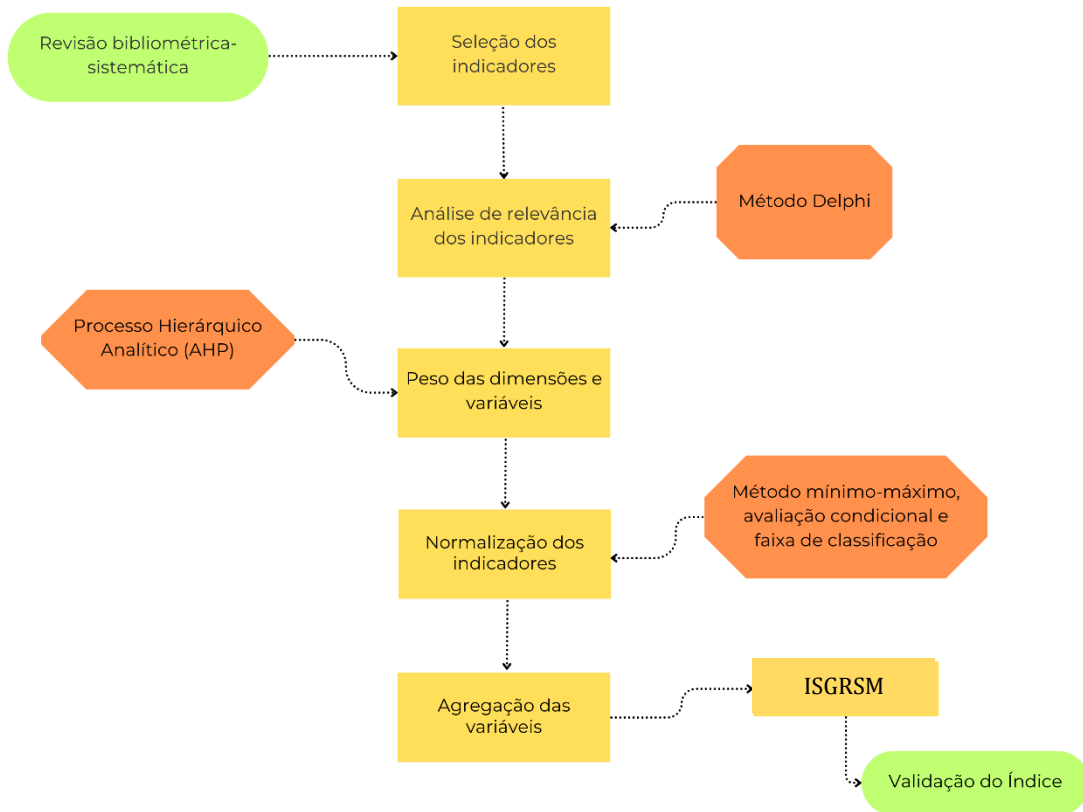
Em um estudo sobre indicadores-chave, o AHP foi utilizado para hierarquizar essas métricas. Para isso, foi realizada a comparação por pares de 13 indicadores, destacando-se: tempo de produção real, relação qualidade/qualidade do produto, entrega no prazo. Esses resultados não indicam que as outras ferramentas não são importantes, mas que as três destacadas apresentam maior impacto e auxiliam na simplificação das escolhas dos gestores (Kaganskia; Majak; Karjust, 2018).

A abordagem sistemática do AHP permite lidar com desafios em diferentes contextos, sendo amplamente utilizado em diversas áreas de estudo como gestão de resíduos, energias renováveis, saúde, logística (Arabeyyat *et al.*, 2024, Kong *et al.*, 2024, Manuel *et al.*, 2025, Yesilcayir *et al.*, 2024). Na gestão de resíduos, essa abordagem possibilita a priorização de alternativas viáveis e eficazes e aumenta a capacidade de alcançar metas de sustentabilidade nacionais e globais.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

A abordagem metodológica foi desenvolvida em quatro etapas principais. Inicialmente, foi realizado um estudo bibliométrico para identificar e selecionar os indicadores potenciais para compor o índice, que foram posteriormente avaliados quanto à sua relevância por especialistas na área de resíduos sólidos através da técnica Delphi. Em seguida, o método AHP foi aplicado a um grupo de tomadores de decisão para determinar os pesos das dimensões de sustentabilidade e dos indicadores selecionados. A terceira etapa consistiu na formulação do índice, que envolveu etapas de normalização dos dados e agregação das variáveis ponderadas e normalizadas. Por fim, foram definidos os setores de coleta da cidade de João Pessoa para a validação do índice, a fim de oferecer uma visão das potencialidades e limitações do gerenciamento de resíduos sólidos em cada região analisada. As etapas do procedimento metodológico estão representadas no fluxograma da Figura 7.

Figura 7 - Fluxograma das etapas da pesquisa



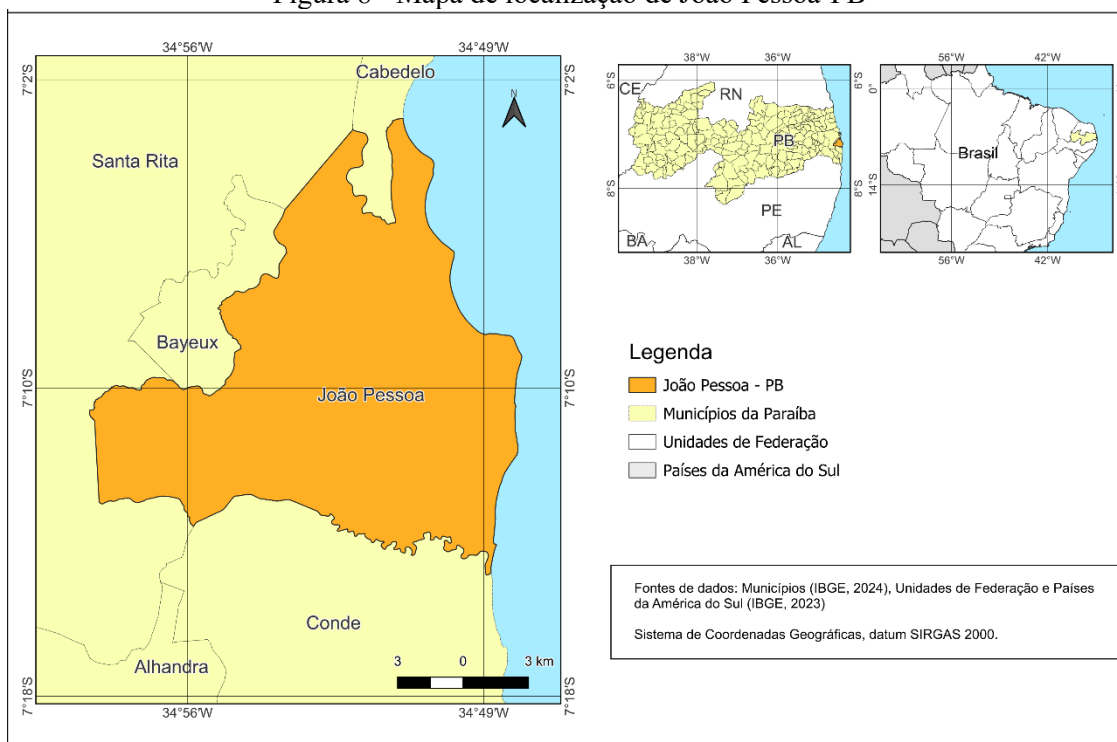
Fonte: Autora (2025)

4.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na cidade de João Pessoa, capital da Paraíba. A escolha do município foi motivada pela existência de um sistema de gerenciamento de resíduos que abrange a coleta regular e seletiva, além da existência de dados que contribuíram para uma investigação setorizada.

João Pessoa está situada entre as coordenadas $7^{\circ} 07' 08''$ S e $34^{\circ} 52' 53''$ W, com área territorial de 210,044 km². De acordo com dados do censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizado em 2022, a capital paraibana possuía uma população 833.932 habitantes distribuída entre os 64 bairros existentes, resultando em uma densidade populacional de 3.970,27 hab/km² (Figura 8).

Figura 8 - Mapa de localização de João Pessoa-PB

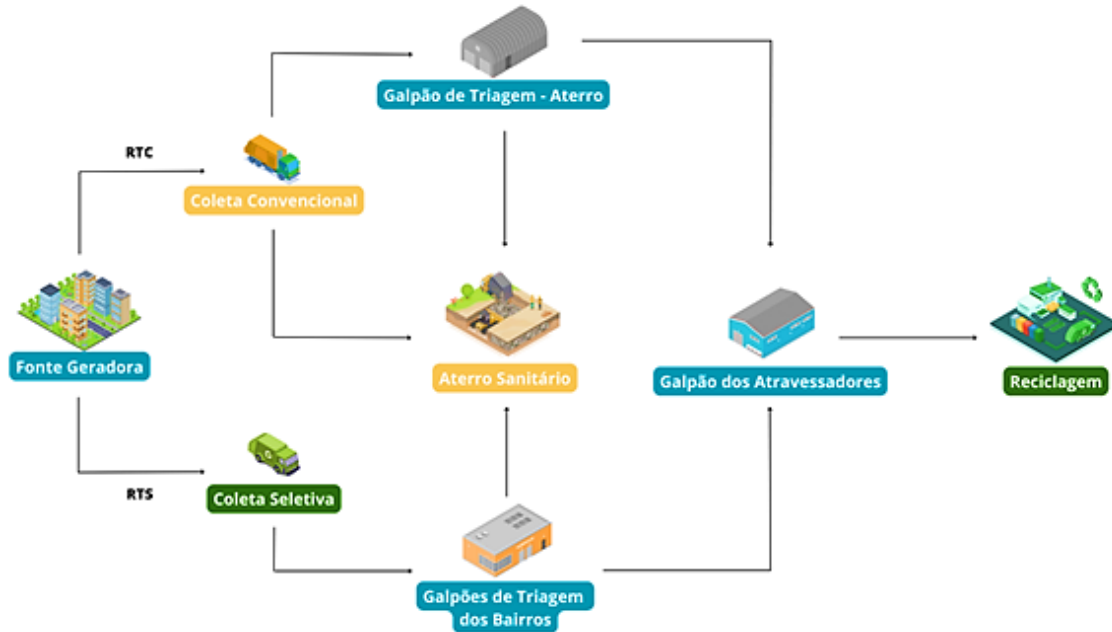


Fonte: Autora (2025)

No que se refere à Gestão de Resíduos Sólidos Municipal (GRSM) da capital paraibana, a responsabilidade é da Autarquia Municipal Especial de Limpeza Urbana (Emlur), que faz parte da estrutura administrativa da Prefeitura Municipal de João Pessoa. Sob competência da Emlur estão as atividades de planejamento, execução e fiscalização dos serviços de coleta e transporte de resíduos sólidos domiciliares e comerciais, limpeza urbana, varrição e outros (Emlur, 2019).

O manejo de resíduos sólidos domiciliares de João Pessoa, ocorre por meio de duas rotas tecnológicas de coleta e destinação: rota tecnológica convencional (RTC) e rota tecnológica seletiva (RTS) (Pimentel *et al.*, 2020), conforme esquematização mostrada na Figura 9.

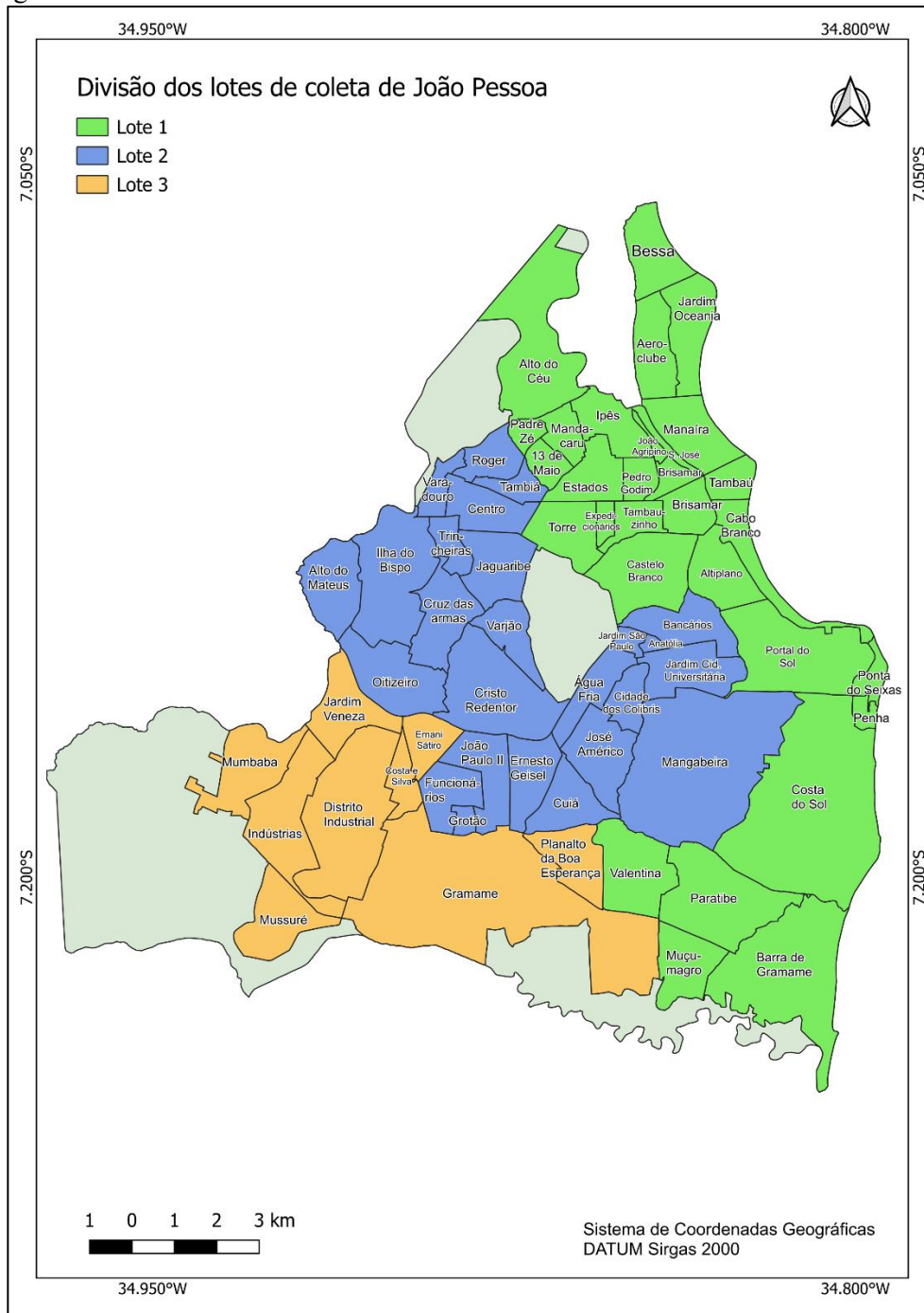
Figura 9 - Fluxo de resíduos domiciliares de João Pessoa-PB.



Fonte: Adaptado de Pimentel (2017)

A RTC corresponde à rota planejada para a coleta de resíduos sólidos indiferenciados, que engloba a parcela orgânica, reciclável e os rejeitos. Essa rota abrange praticamente toda a malha urbana da capital, correspondendo a uma taxa de cobertura de 100% (SINISA, 2022). Esse serviço é realizado pela Emlur, com terceirização parcial da execução de serviços pelas empresas Inova Ambiental Assessoria e Comércio SA e Techsol Infraestrutura e Serviços. Atualmente, a gestão dessa coleta está organizada em três lotes (1, 2 e 3), cada um sob responsabilidade de empresas distintas (Figura 10).

Figura 10 - Divisão dos lotes de coleta de resíduos sólidos domiciliares de João Pessoa



Fonte: Autora (2025)

A Inova Ambiental é responsável pelo recolhimento dos resíduos do lote 1, que abrange 47% dos bairros da capital; a Techsol executa a coleta no lote 2, correspondente a 39% dos setores; e a coleta no lote 3, que contempla 14% dos bairros, é desempenhada diretamente pela Emlur (Quadro 9).

Quadro 9 - Relação dos bairros de João Pessoa e respectivos lotes de coleta

LOTE	RESPONSÁVEL PELA COLETA	BAIRROS
LOTE 1	Inova Ambiental	Aeroclube, Altiplano Cabo Branco, Alto do Céu, Bairro dos Estados, Bairro dos Ipês, Barra de Gramame, Bessa, Brisamar, Cabo Branco, Castelo Branco, Costa do Sol, Expedicionários, Jardim Oceania, João Agripino, Manaíra, Mandacaru, Miramar, Muçumagro, Padre Zé, Paratibe, Pedro Gondim, Penha, Ponta do Seixas, Portal do Sol, São José, Tambaú, Tambauzinho, Torre, Treze de Maio e Valentina.
LOTE 2	Techsol	Água Fria, Alto do Mateus, Anatólia, Bancários, Centro, Cidade dos Colibris, Cristo Redentor, Cruz das Armas, Cuiá, Ernesto Geisel, Funcionários, Grotão, Ilha do Bispo, Jaguaribe, Jardim Cidade Universitária, Jardim São Paulo, José Américo, João Paulo II, Mangabeira, Oitizeiro, Róger, Tambiá, Trincheiras, Varadouro e Varjão.
LOTE 3	Emlur	Bairro das Indústrias, Costa e Silva, Distrito Industrial, Ernani Sátiro, Gramame, Jardim Veneza, Mumbaba, Mussuré e Planalto Boa Esperança.

Fonte: Emlur (2022)

Em relação à execução da coleta indiferenciada, esta é realizada porta a porta, por caminhões compactadores, ocorrendo diariamente nos setores com maior geração, como o centro, e em dias alternados nos demais bairros. Os RSU recolhidos são encaminhados para o aterro sanitário - Ecoparque João Pessoa -, onde parte dos caminhões que chegam são conduzidos ao Centro de Triagem (CT) para segregação da parcela reciclável e comercialização pela associação de catadores. Os rejeitos resultantes do processo são direcionados para as células do referido aterro (Pimentel *et al.*, 2020).

Em contrapartida, a RTS consiste na coleta da fração reciclável, previamente segregada nas residências e condomínios, em dias e horários preestabelecidos. O recolhimento desses resíduos é realizado por caminhão do tipo baú, sem compactação, com apoio dos catadores associados. A parcela recolhida é conduzida para os núcleos de coleta seletiva da cidade, onde os materiais são classificados por tipologia, prensados em fardos e comercializados aos atravessadores.

Atualmente, João Pessoa conta com cinco núcleos de coleta seletiva instalados em locais estratégicos, os quais são responsáveis pela coleta dos recicláveis segregados nas residências, são eles: Bessa, Cabo branco, Jardim Cidade Universitária, Mangabeira e Bairro dos Estados, além do centro de triagem localizado no Aterro Sanitário. Esses núcleos atendem 20 bairros da capital, atendendo cerca de 30% da população (Emlur, 2022).

Cada núcleo de reciclagem é gerido por uma associação de catadores. No município, existem quatro associações formalizadas: Associação de Trabalhadores de Materiais Recicláveis (ASTRAMARE), Acordo Verde, Associação de Catadores de João Pessoa – ASCARE-JP e Tribo de Judá. No ano de 2022, foram registrados 206 catadores vinculados a alguma das associações (Emlur, 2022).

O Quadro 10 mostra os núcleos de coleta seletiva instalados em João Pessoa, as associações responsáveis pela sua gestão e os bairros atendidos. A ASTRAMARE atua na Central de Triagem, localizada próximo ao Ecoparque. A Acordo Verde administra os núcleos situados no Jardim Cidade Universitária e Mangabeira, e atende os bairros Anatólia, Bancários, Jardim Cidade Universitária e Mangabeira. Enquanto a ASCARE-JP coordena os núcleos do Bessa e Cabo Branco, abrangendo Aeroclubes, Altiplano, Bessa, Cabo Branco, Jardim Oceania, Manaíra, Miramar e Tambaú. Por fim, a associação Tribo de Judá está sediada no Bairro dos Estados e contempla o Bairro dos Estados, Bairro dos Ipês, Treze de maio e Torre.

Quadro 10 - Relação dos bairros atendidos pelos núcleos de coleta seletiva em João Pessoa

Núcleo	Associação de catadores	Bairros
Central de Triagem	Astramare	Todos os bairros
Jardim Cidade Universitária	Acordo verde	Anatólia, Bancários, Jardim Cidade Universitária
Mangabeira	Acordo verde	Mangabeira
Bessa	ASCARE-JP	Aeroclubes, Bessa, Jardim Oceania, Manaíra
Cabo Branco	ASCARE-JP	Altiplano, Cabo Branco, Miramar, Tambaú
Bairro dos Estados	Tribo de Judá	Bairro dos Estados, Bairro dos Ipês, Treze de maio, Torre

Fonte: Elaborado a partir de João Pessoa (2014).

Na Tabela 6 é apresentado o resumo tabela da quantidade de material reciclável comercializada pelas associações por tipo de resíduo. Conforme os dados dessa tabela, no ano de 2022, essas associações comercializaram 3.592.811 kg de materiais recicláveis, o que representou 1,4% do total de resíduos sólidos recolhidos no município. Em relação ao tipo de material, constata-se que o papel foi o material mais comercializado, seguido do plástico; enquanto a recuperação do vidro e da borracha ocorreu de forma tímida.

Tabela 6 - Resumo do total anual recuperado pelos núcleos de coleta seletiva de João Pessoa/PB no ano de 2022

Associação	Tipo de resíduo					Total (kg)
	Plástico	Papel	Metal	Vidro	Borracha	

ASTRAMARE (AS)	1.011.400	580.010	140.710	0	104.120	1.836.240
ASTRAMARE (Roger)	54.336	83.660	74.290	21.472	0	233.758
Tribo de Judá	45.667	122.580	42.428	19.657	806	231.138
ASCARE-JP/Bessa	68.485	329.691	97.641	32.619	1881	530.316
ASCARE-JP/CB	65.433	253.586	72.313	17.534	1876	410.742
Acordo Verde/MANG	25.530	56.667	36.529	4.986	1507	125.220
Ac. Verde/CAIC	50.782	75.326	54.258	44.112	919	225.397
Total	1.321.634	1.501.520	518.168	140.379	111.110	3.592.811

AS – Aterro Sanitário; CB – Cabo Branco; MANG – Mangabeira. Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da Emlur (2022)

Percebe-se ainda que a ASTRAMARE foi responsável pela maior quantidade de resíduos recuperados, representando 51% do total. Essa discrepância em relação às demais associações deve-se ao fato de que a Central de Triagem recebe uma maior quantidade de materiais, já que parte dos caminhões que chegam ao aterro sanitário é direcionada para esse local; condição diferente dos demais núcleos que dependem, exclusivamente, dos materiais segregados nas residências contempladas pelo programa de coleta seletiva.

Além dos núcleos de coleta, a capital conta com Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) que contribuem com o aumento do quantitativo de materiais recuperados pelo programa de coleta seletiva. Eles estão instalados em locais estratégicos da cidade, como praças, parques, avenidas situadas nos bairros Manaíra (Praça Silvio Porto, Praça Chateaubriand Arnaud, Praça Alcides Carneiro), Bancários (Praça da paz), Jaguaribe (Praça dos motoristas), Centro (Parque da Lagoa), Bessa (Parque Paraíba I), Tambaú (Centro Turístico Tambaú), Mangabeira (Praça do Coqueiral), Valentina de Figueiredo (Praça Soares Madrugá), Cristo (Escola Estadual Escritor José Lins do Rego) e Avenida Cabo Branco.

No que se refere à taxa de recuperação de recicláveis, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos apontou João Pessoa como uma das capitais brasileiras com maior taxa, 5,31% em 2018 (Brasil, 2022). Esse desempenho foi mantido em 2019, quando a taxa registrou um discreto aumento, atingindo 5,44% (Sá *et al.*, 2023).

4.2 Seleção dos indicadores e análise de relevância

4.2.1 Identificação e Seleção dos indicadores

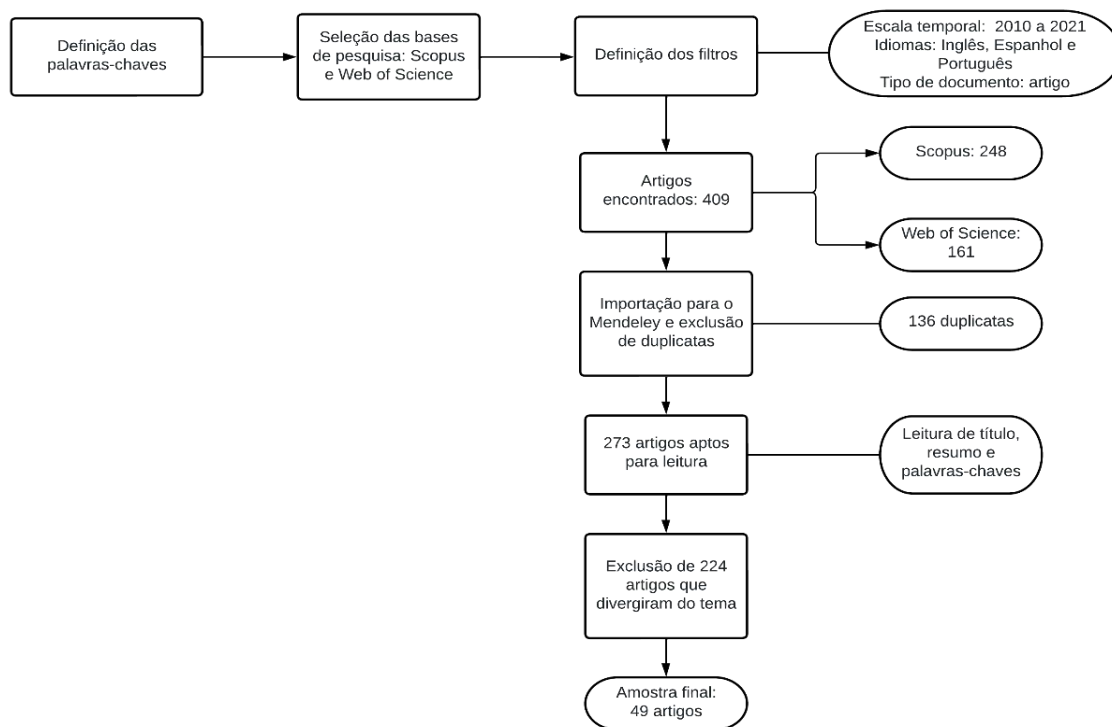
Esta etapa consistiu na identificação e seleção dos indicadores potenciais para avaliar o gerenciamento setorizado dos resíduos sólidos municipais. Como mencionado anteriormente, a seleção ocorreu por meio de levantamento bibliométrico-sistemático, que compreendeu o resgate de registros indexados nas bases de dados *Scopus* e *Web of Science* (WOS), no período temporal de 2010 a 2021.

Na pesquisa das produções acadêmicas, foram aplicados os seguintes termos de busca nos títulos, nos resumos e nas palavras-chaves: (“*indicators*” OR “*waste indicators*” OR “*wasteware indicators*” OR “*solid waste indicators*” OR “*waste management indicators*”) AND (“*waste management systems*” OR “*solid waste management systems*” OR “*municipal solid waste management*” OR “*urban solid waste management*”). Visando garantir a qualidade e a padronização do estudo, foram aplicados filtros no tipo de documento, restringindo-os a artigos científicos revisados por pares; além dos idiomas que foram limitados ao inglês, ao espanhol e ao português.

A busca retornou 409 artigos, dos quais 248 estão indexados na base *Scopus* e 161 na WOS. Para definição da amostra, os documentos foram importados para o *Software Mendeley*, onde foi realizada a leitura dos títulos e dos resumos de cada artigo, sendo desconsiderados os indisponíveis, os duplicados e os divergentes do escopo da pesquisa. Com isso, 49 artigos foram preservados para análise do conteúdo. Essa análise foi realizada por meio da leitura, na íntegra, dos artigos científicos, a fim de extrair os indicadores relevantes para a pesquisa (Figura 11).

Os artigos analisados apresentaram um número considerável de indicadores, mais precisamente 949. Dessa forma, tornou-se necessário realizar uma triagem para identificar as métricas pertinentes para o estudo, a fim de garantir uma quantidade de indicadores gerenciáveis. Para isso, os indicadores foram inicialmente organizados nas dimensões ambiental, econômica e social. Posteriormente, foram aplicados critérios de seleção, que incluiu a possibilidade de adaptação dos indicadores para a análise setorizada, a simplicidade das métricas, a relevância para o estudo, a facilidade de compreensão e de mensuração (Galvão Júnior; Ximenes, 2008; Ramos *et al.*, 2007).

Figura 11 - Fluxograma metodológico para determinação do portfólio bibliográfico



Fonte: Sá *et al.* (2024)

Como resultado da aplicação dos critérios, 26 indicadores foram pré-selecionados para caracterizar questões importantes do gerenciamento setorizado dos resíduos. Esses indicadores concentraram-se na análise de diferentes etapas do gerenciamento, como coleta, transporte, tratamento e disposição final. Vale ressaltar que alguns indicadores passaram por adaptações nas nomenclaturas e fórmulas de cálculo para atenderem ao escopo da pesquisa.

No Quadro 11 é mostrado o resumo das dimensões consideradas, os temas associados a cada indicador e a finalidade de avaliação por dimensão. A escolha das dimensões levou em consideração a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que inclui as dimensões ambiental, econômica e social na gestão integrada de resíduos sólidos.

Quadro 11 - Dimensões, temas e características dos indicadores

DIMENSÃO	TEMAS	AVALIAÇÃO
Ambiental	Geração, coleta, destinação e disposição final dos resíduos sólidos	Avalia os impactos ambientais do gerenciamento de resíduos sólidos sobre o meio ambiente.
Econômica	Receitas e despesas com a gestão dos resíduos sólidos	Informa sobre a sustentabilidade econômico-financeira da gestão de resíduos. Inclui benefícios econômicos e os custos associados.

(continua)

DIMENSÃO	TEMAS	AVALIAÇÃO
Social	Satisfação da população; educação ambiental; condições dos catadores	Avalia os efeitos da gestão sobre os indivíduos envolvidos, sejam eles prestadores de serviços ou usuários.

Fonte: Autora (2025)

4.2.2 *Análise da relevância dos indicadores*

A segunda etapa da metodologia ocorreu a partir de uma pesquisa de opinião, utilizando o Método Delphi, para avaliar a relevância e definir um conjunto final dos indicadores previamente selecionados. A seleção das principais variáveis é uma etapa crucial no processo de construção de índices, visto que métricas com grande número de variáveis pode tornar a sua aplicação complexa e antieconômica (Parvez e Ahammed, 2024). Portanto, um índice ideal deve apresentar equilíbrio entre a quantidade de indicadores e a viabilidade de sua aplicação.

Para a condução dessa etapa, foram selecionados especialistas com experiência na área de resíduos sólidos, por meio da combinação da amostragem intencional e bola de neve (Alyami, Rezgui, Kwan, 2013; Kajjoba *et al.*, 2024; Costa, 2023). De acordo com Szwarcwald *et al.* (2021), bola de neve é uma técnica de amostragem não probabilística, em que um grupo inicial de participantes que fazem parte do público-alvo, indicam outros integrantes.

Inicialmente, um grupo de profissionais com expertise acadêmica e/ou profissional no tema foi intencionalmente escolhido. Em seguida, foram solicitados a esses especialistas a indicação de participantes potenciais que se enquadrassem no público alvo – acadêmicos, pesquisadores e profissionais que atuam na área de resíduos sólidos. Esse processo de indicação permitiu um aumento da amostra de profissionais conforme mais indivíduos eram recomendados, semelhante a uma “bola de neve”.

A seleção dos especialistas escolhidos intencionalmente foi realizada por meio da análise do currículo *lattes*, disponibilizado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da rede social profissional *LinkedIn*. Com base nesse levantamento, vinte (20) profissionais foram identificados para compor a amostra inicial, incluindo pesquisadores, servidores públicos e profissionais liberais.

O desenvolvimento do método Delphi ocorre por rodadas consecutivas, até que se atinja o consenso estabelecido. Nessa pesquisa, duas (2) rodadas foram suficientes para obter a estabilidade das respostas. Em cada rodada foi enviado um questionário eletrônico desenvolvido no *Google Forms* - aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da

Universidade Federal da Paraíba (CEP/HULW), sob o parecer de nº 6.293.396 (Anexo A) - aos especialistas, para avaliação dos indicadores e sugestões de modificações, exclusões e/ou inclusões de novos indicadores. O formulário contemplou informações gerais sobre a pesquisa, instruções de preenchimento, termo de consentimento livre e esclarecido e as métricas a serem analisadas (Apêndice A).

Na primeira rodada, os especialistas avaliaram os 26 indicadores pré-selecionados a partir da revisão, utilizando critérios de relevância e de facilidade de interpretação, com base em uma escala Likert de 5 pontos (Quadro 12). A relevância dos indicadores está relacionada ao impacto de interesse, ou seja, o grau de importância do indicador para o tema; enquanto a facilidade de interpretação associa-se ao grau de clareza da métrica em expressar os impactos da sua aplicação para os formuladores de políticas públicas, gestores e partes interessadas.

Quadro 12 - Escala adotada para avaliação dos indicadores em termos de relevância e facilidade de interpretação dos indicadores.

Escala	Relevância	Facilidade de interpretação
5	Muito relevante	Muito alta
4	Relevante	Alta
3	Desejável	Moderada
2	Baixa relevância	Baixa
1	Irrelevante	Muito baixa

Fonte: Autora (2025)

Após o recebimento do instrumento respondido, as respostas e sugestões dos foram analisadas quali-quantitativamente. Na análise quantitativa, foi processada a estatística descritiva, utilizando o software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS). Enquanto na análise qualitativa, as contribuições textuais foram reunidas e transcritas para o Microsoft Excel.

Na segunda rodada, os especialistas que participaram efetivamente da primeira foram abordados com um novo formulário, que incluía além do questionário ajustado, o feedback da primeira rodada. Esse questionário foi desenvolvido a partir das declarações fornecidas pelos especialistas na primeira rodada, com o objetivo de alcançar a concordância dos critérios contestados, modificados e inclusos.

O envio do feedback nessa rodada possibilitou a revisão dos julgamentos individuais com base nas respostas do grupo, permitindo-lhes refletir sobre o

reposicionamento das suas avaliações. Após o recebimento do questionário respondido, foram realizadas novas análises quali-quantitativas das respostas, modificações dos indicadores e conclusão da validação dos indicadores. Ao final das rodadas, foi gerada uma lista refinada de indicadores que foi utilizada para a construção do índice.

Em relação ao consenso das respostas, para o critério “facilidade de interpretação” ele foi alcançado quando o somatório das notas 4 (alta) e 5 (muito alta) foram iguais ou superiores a 50%, e a mediana ≥ 4 . Por se tratar de uma análise mais subjetiva, o nível de consenso adotado foi menor. Além disso, esse parâmetro não era excludente, sendo a sua avaliação adotada para definir melhorias para os indicadores serem reavaliados na segunda rodada, caso o indicador não fosse excluído por falta de consenso em relação à sua relevância.

Em contrapartida, o consenso da relevância foi definido a partir da combinação da frequência das notas, da mediana e do desvio do quartil dos julgamentos (Shukor; Ng, 2022; Latif *et al.*, 2016). Logo, para serem validados, os indicadores deveriam atender aos três critérios; caso contrário, eram excluídos.

A frequência das notas consistiu na soma percentual das avaliações dos especialistas que atribuíram notas 4 (relevante) e 5 (muito relevante). O indicador foi mantido quando a soma dessas notas alcançou ou superou 75% do total das respostas (Marlina, Hidayanto, Purwandari, 2022; Yusoff *et al.*, 2024). Por sua vez, a mediana é uma medida de tendência central que representa o julgamento dos especialistas de maneira equilibrada. Assim, o indicador foi aprovado quando esse valor foi igual ou superior à 4, refletindo sua elevada importância.

O desvio do quartil (DQ) é uma medida de dispersão e de tendência central de dados (Latif *et al.*, 2016) que indica a variação dos valores centrais de um conjunto de dados. O DQ é determinado a partir da Equação 6, em que consiste na metade da diferença entre o primeiro e o terceiro quartil.

$$DQ = \frac{Q_3 - Q_1}{2} \quad (6)$$

Onde,

DQ = Desvio do quartil

Q_3 = Terceiro quartil

Q_1 = Primeiro quartil

O primeiro quartil (Q_1) representa a mediana da metade inferior dos dados, enquanto o terceiro quartil (Q_3) configura a mediana da metade superior dos dados. Esses elementos podem ser calculados a partir das Equações 7 e 8, que são as mesmas utilizadas no Microsoft Excel (Martins, 2014).

$$Q_1 = \frac{(n+3)}{4} \quad (7)$$

$$Q_3 = \frac{(3n+1)}{4} \quad (8)$$

Em que,

Q_1 = Primeiro quartil

Q_3 = Terceiro quartil

n = número total de julgamentos

Caso o valor encontrado no cálculo do primeiro ou do terceiro quartil não sejam inteiros, a interpolação linear deve ser realizada. Para isso, calcula-se a média ponderada entre os valores observados na posição k_0 e $k+1$. Para a interpolação do primeiro quartil, considera-se a Equação 9, enquanto para a interpolação do terceiro quartil, a Equação 10.

$$P_{Q_1} = K_o + 0.25 (k + 1 - k_0) \quad (9)$$

$$P_{Q_3} = K_o + 0.75 (k + 1 - k_0) \quad (10)$$

Onde,

P_{Q_1} = interpolação do primeiro quartil;

P_{Q_3} = interpolação do terceiro quartil;

k_0 = primeiro valor observado no quartil

$k + 1$ = segundo valor observado no quartil

Após o cálculo do DQ, o nível de consenso dos indicadores foi definido de acordo com os valores que o mesmo pode assumir (Tabela 7) (Latif *et al.*, 2016). Os indicadores foram aceitos ao atingir o nível de consenso “alto” ($DQ \leq 0,5$).

Tabela 7 - Nível de consenso baseado no valor do DQ

Valor do DQ	Consenso
$DQ \leq 0,5$	Alto
$0,5 < DQ \leq 1$	Médio
$DQ > 1$	Nenhum consenso

DQ – Desvio do quartil. Fonte: Latif *et al.* (2016)

4.3 Ponderação das variáveis

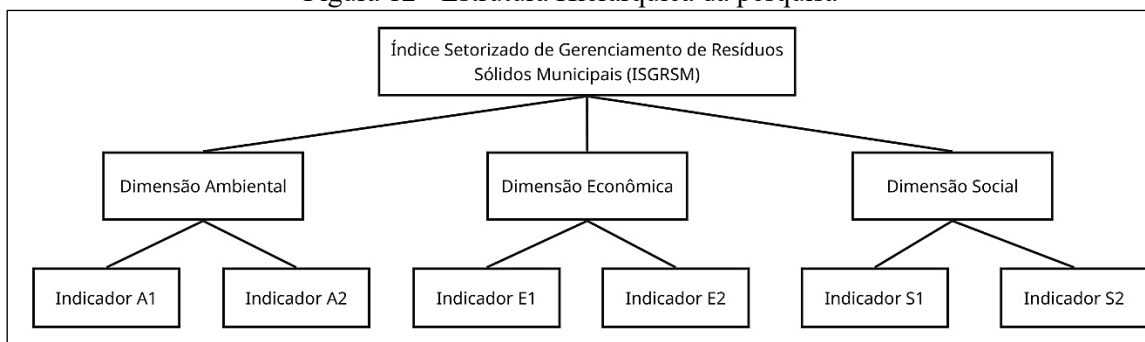
Após definir os indicadores por meio da técnica Delphi, a abordagem Analytic Hierarchy Process (AHP) foi adotada para atribuir pesos às dimensões e aos indicadores. A abordagem é amplamente utilizada em processos decisórios para solucionar problemas complexos, por meio da priorização de alternativas (Curiel-Esparza et al., 2016). O método é desenvolvido em quatro passos: i) definição do modelo hierárquico; ii) comparação pareada; iii) determinação dos pesos; e iv) teste de consistência (Yusheng, Ntarmah, 2021).

A aplicação da AHP tem início com a definição dos objetivos da decisão e a estruturação do problema de acordo com os critérios e subcritérios envolvidos no processo decisório. Em seguida, é realizada a comparação pareada entre esses critérios e subcritérios, envolvendo o julgamento dos especialistas a partir das suas preferências. Esse processo comparativo resulta em pesos, que indicam a importância relativa de cada elemento. Por fim, a consistência das comparações é averiguada, com o intuito de assegurar a coerência lógica das decisões dos participantes (Goepel, 2013).

4.3.1 Modelo hierárquico

A primeira etapa consistiu na construção do modelo hierárquico a partir da divisão do problema em três níveis: superior (objetivo), intermediário (critérios) e inferior (subcritérios) (Figura 12). No topo da estrutura encontra-se o objetivo da tomada de decisão, o que se pretende avaliar com a aplicação da técnica que, neste estudo, foi atribuir pesos às dimensões e aos indicadores que compõe o Índice Setorizado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais (ISGRSM). No nível intermediário encontram-se os critérios que influenciam na decisão e que foram direcionados para atingir o objetivo geral, representados pelas dimensões de sustentabilidade ambiental, econômica e social. Na base da estrutura estão localizados os subcritérios, representados pelos indicadores específicos de cada dimensão (indicadores ambientais, econômicos e sociais).

Figura 12 - Estrutura Hierárquica da pesquisa



Fonte: Autora (2025)

4.3.2 Comparação pareada

Após a estruturação do modelo hierárquico, foi realizada a comparação *pairwise* (par a par) dos critérios e subcritérios, adotando-se matrizes de comparação para determinação dos pesos relativos. Durante esse processo, as dimensões foram comparadas entre si, assim como os indicadores de cada dimensão, permitindo ordenar, por meio de valores numéricos, as variáveis mais importantes (Waris *et al.*, 2019).

Essas comparações foram realizadas utilizando a escala de julgamento de nove pontos de Saaty (1987), adaptada por Zhao, Ali e Ahmad (2023), que varia de 1 a 9 e de 1 a 1/9 (Quadro 13). A pontuação 1 indica que as variáveis são igualmente importantes, enquanto a 9 sugere que uma variável é extremamente mais importante que a outra. As frações (1/3, 1/5, 1/7 e 1/9) representam os pesos recíprocos e indicam uma menor importância dos parâmetros.

Quadro 13 - Escala de pontos adotada na comparação das alternativas

ESCALA DE PONTOS	RECÍPROCA	GRAU DE IMPORTÂNCIA
1	1	Ambos os indicadores apresentam a mesma importância
3	1/3	Um indicador é um pouco mais importante que o outro
5	1/5	Um indicador é mais importante que outro

(continua)

ESCALA DE PONTOS	RECÍPROCA	GRAU DE IMPORTÂNCIA
7	1/7	Um indicador é significativamente mais importante que o outro
9	1/9	Um indicador é imensamente mais importante que outro
2, 4, 6, 8 e		Valores intermediários de importância entre as demais escalas

1/2, 1/4, 1/6 e 1/8	
---------------------	--

Fonte: Zhao, Ali, Ahmad (2023)

O processo de julgamento resultou em matrizes quadradas, denominadas matrizes de comparação, de ordem n. Nessas matrizes foram registrados os valores atribuídos às comparações entre critérios e subcritérios de um mesmo nível hierárquico. Como resultado, a matriz foi composta por valores inteiros e seus recíprocos, onde A_{ij} representa a importância do elemento i em relação ao j. Quando dois elementos foram considerados igualmente importantes, receberam valor 1, então $A_{ij} = 1$ e $A_{ji} = 1$. Caso o critério i seja mais importante que o j, atribui-se valor inteiro a A_{ij} e um valor inverso à A_{ji} , $A_{ji} = 1/a_{ij}$ (Equação 11).

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

As comparações foram realizadas por profissionais com expertise na área de resíduos sólidos. Para garantir a confiabilidade dos resultados, os especialistas que participaram das rodadas Delphi foram convidados a contribuir nesta etapa, pois além do notório conhecimento técnico sobre o tema, possuíam familiaridade com a pesquisa.

Para tal, foi disponibilizado formulário eletrônico desenvolvido no *Google Forms* (Apêndice C), no qual as dimensões e os indicadores foram apresentados em pares, permitindo que os especialistas os comparassem e julgassem de acordo com as suas percepções de importância e considerando a escala de 9 pontos de Saaty, conforme Tabela 8.

Tabela 8 - Modelo de comparação par a par das dimensões de sustentabilidade adotado na pesquisa

Dimensão	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9	Dimensão
Ambiental							X			Econômica
Ambiental									x	Social
Econômica							X			Social

1/9 = extremo; 1/7 = bastante; 1/5 = muito; 1/3 = pouco; 1 = igual; 3 = pouco; 5 = muito; 7 = bastante; 9 = extremo.

As notas atribuídas à comparação foram posteriormente registradas em planilhas do Microsoft Excel, conforme modelo apresentado na Tabela 9. No modelo, os critérios (dimensões de sustentabilidade) foram dispostos na horizontal e na vertical para permitir a comparação par a par. Vale ressaltar que, o mesmo modelo da matriz foi adotado para as comparações pareadas dos indicadores.

Tabela 9 - Modelo da matriz de Julgamento das Dimensões

Critérios	Ambiental	Econômica	Social
Ambiental	1	3	3
Econômica	1/3	1	1
Social	1/3	1	1

Fonte: Autora (2025)

De modo geral, elementos comparados entre si apresentam igual importância e, por essa razão, recebem valor 1. Um exemplo claro é quando o critério ambiental da linha é comparado ao critério ambiental da coluna. Em contrapartida, quando elementos diferentes são confrontados, àqueles considerados mais relevantes, recebem um valor inteiro, sendo o inverso verdadeiro, assumindo o valor recíproco. Por exemplo, ao comparar a dimensão ambiental com a social, se a ambiental for três (3) vezes mais importante que a social, significa que o critério social em relação ao ambiental representa 1/3 da importância relativa (Tabela 9).

4.3.3 Determinação dos pesos

O julgamento de cada especialista resultou em uma matriz de comparação individual, onde foi considerada para determinar os pesos individuais das dimensões e dos indicadores. Para isso, as matrizes foram inicialmente normalizadas, por meio da divisão de cada elemento da matriz pela soma total da sua respectiva coluna. O processo de normalização pode ser observado nas Tabelas 10, 11 e 12.

Tabela 10 - Normalização da matriz: somatório de cada coluna da matriz

	Ambiental	Econômica	Social
Ambiental	1.00	3.00	3.00
Econômica	1/3	1.00	1.00
Social	1/3	1.00	1.00
Somatório	1 + 1/3 + 1/3 = 1.66	3 + 1 + 1 = 5.00	3 + 1 + 1 = 5.00

Tabela 11 - Normalização da matriz: divisão de cada elemento da matriz pelo somatório da respectiva coluna

	Ambiental	Econômica	Social
Ambiental	1/1.66	3/5	3/5
Econômica	(1/3)/1.66	1/5	1/5
Social	(1/3)/1.66	1/5	1/5

Tabela 12 - Matriz normalizada

	Ambiental	Econômica	Social
Ambiental	0.60	0.60	0.60
Econômica	0.20	0.20	0.20
Social	0.20	0.20	0.20

Os pesos resultantes das comparações por pares foram derivados utilizando a metodologia do autovetor. Esse cálculo envolveu o uso das matrizes normalizadas para calcular a média aritmética de cada linha dessas matrizes, obtendo assim um autovetor para cada critério analisado (Umoh, Hasan, Kenjegaliev, 2025; França, 2024) conforme Tabela 13. Vale ressaltar que o processo foi aplicado para a matriz de comparação de cada especialista.

Tabela 13 - Determinação do autovetor da matriz

	Ambiental	Econômica	Social	Peso médio individual
Ambiental	0.60	0.60	0.60	(0.6 + 0.6 + 0.6)/3 = 0.60
Econômica	0.20	0.20	0.20	(0.2 + 0.2 + 0.2)/3 = 0.20
Social	0.20	0.20	0.20	(0.2 + 0.2 + 0.2)/3 = 0.20

Como cada matriz de comparação dos especialistas forneceu pesos individuais para os critérios (dimensões) e subcritérios (indicadores), fez-se necessário consolidar esses valores para obter um valor global que representasse os pesos relativos finais. Para isso, o peso global das dimensões e de cada indicador foi obtida a partir da média geométrica (Equação 12).

$$w_i = \left(\prod_{k=1}^n a_{ij}^{(k)} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (12)$$

Onde,

$w_{i,j}$ = peso global dos elementos;

$a_{i,j}^{(k)}$ = peso atribuído ao elemento i em relação ao j, pelo especialista k;

n = número total de especialistas.

$\prod_{k=1}^n a_{ij}^{(k)}$ = produto de todos os julgamentos individuais atribuídos à comparação entre i e j

4.3.4 Análise de consistência

A última etapa da AHP consiste na análise de consistência dos julgamentos, que tem como objetivo avaliar a existência de incoerências nas comparações dos especialistas. Métodos como AHP são subjetivos, pois depende da opinião e preferências individuais das partes interessadas (Parekh *et al.*, 2014). Por essa razão, nem sempre as comparações são coerentes, o que pode resultar no comprometimento da decisão.

Essa consistência foi verificada por meio da Razão de Consistência (RC), que compara o índice de consistência (IC) com o índice de consistência aleatória (RI). A matriz de julgamentos é considerada consistente quando o RC é inferior a 0,1; caso contrário, indicará a existência de inconsistências e os julgamentos deverão ser revisados (Saaty, 1991). Nesse estudo, os julgamentos considerados inconsistentes ($RC > 0.1$) não foram reavaliados, sendo estes desconsiderados para o cálculo dos pesos finais das variáveis estudadas.

A Razão de Consistência (CR) é determinada pela Equação (13).

$$CR = \frac{CI}{\text{Índice de consistência de uma matriz tipo aleatória (RI)}} \quad (13)$$

Onde,

CI = índice de consistência

RI = Índice de consistência de uma matriz tipo aleatória

O CI avalia a inconsistência da matriz, através da Equação 14:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1} \quad (14)$$

Onde,

λ_{\max} = autovalor máximo da matriz;

n = ordem da matriz de comparações.

O autovalor máximo de cada matriz (λ_{\max}) foi calculado a partir do somatório do produto de cada elemento da matriz de comparação pelos autovetores resultantes da etapa de determinação dos pesos individuais (Equação 15).

$$\lambda_{\max} = \sum_{j=1}^n a_{ij} * w_j \quad (15)$$

Em que,

λ_{\max} = autovalor da matriz;

a_{ij} = importância relativa atribuído ao elemento i em relação ao j;

w_j = peso relativo (autovetor) do critério.

De forma objetiva, o λ_{\max} pode ser determinado de acordo com as etapas da Equação 16. Os elementos da matriz original de comparação, ao serem multiplicados pelo autovetor, resultaram em um nova matriz (A). Em seguida, os valores de cada linha da matriz “A” foram somados para dar origem a um novo vetor (B) e, por fim, os elementos desse vetor foram somados, resultando no valor de λ_{\max} .

$$\begin{matrix} \text{Matriz de comparação} & \text{Autovetor} & & \text{A'} & & \text{B} & & \lambda_{\max} \\ \begin{bmatrix} 1 & 3 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1 \\ 1/3 & 1 & 1 \end{bmatrix} & \times & \begin{bmatrix} 0.60 \\ 0.20 \\ 0.20 \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} 0.60 & 0.60 & 0.60 \\ 0.20 & 0.20 & 0.20 \\ 0.20 & 0.20 & 0.20 \end{bmatrix} & = & \sum \begin{bmatrix} 1.80 \\ 0.60 \\ 0.60 \end{bmatrix} & = & 3 \end{matrix} \quad (16)$$

Por fim, a Razão de Inconsistência (RI) foi obtida a partir de valores tabelados por Saaty (1991), que levam em consideração a ordem da matriz de comparação (Quadro 14).

Quadro 14 - Índice de consistência aleatória (IR)

Tamanho da Matriz (N)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Índice de consistência aleatória (IR)	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Fonte: Saaty (1991)

4.4 Normalização dos Dados

Os indicadores possuem diferentes unidades de medida, o que dificulta a inclusão dessas variáveis em um índice e a sua comparação sem padronização. Considerando isso, foi realizada a normalização das métricas com o objetivo de ajustá-las a uma escala

comum (D'orazio; Thole, 2022), por meio da conversão de diferentes unidades de medidas em valores que varia de 0 (zero) a 1 (um).

Nesse estudo, a padronização foi conduzida por meio de três metodologias distintas que consideraram a natureza das variáveis: mínimo-máximo para variáveis quantitativas, avaliação condicional para variáveis qualitativas e faixa de classificação para os indicadores em que não foi possível aplicar as abordagens anteriores.

O método mínimo-máximo consiste em uniformizar os dados para uma faixa de valores entre 0 e 1 (Jain; Shukla; Wadhvani, 2018). Ao considerar os valores mínimos e os máximos identificados entre diferentes regiões, é possível estabelecer uma base comum de comparação entre os indicadores, tornando a metodologia replicável para diferentes contextos (Loukil; Rouached, 2020). Os valores mínimos e máximos utilizados corresponderam ao pior e melhor desempenho observado entre os bairros analisados, não sendo adotado limites teóricos.

Os indicadores quantitativos podem apresentar dois tipos de relação: positiva – quando maiores valores indicam melhor cenário; ou negativa – quando valores mais baixos indicam melhor desempenho. Assim, para cada relação, foi adotada uma fórmula distinta.

A Equação 17 foi adotada para padronizar os indicadores que apresentam uma relação positiva.

$$X' = \frac{x - \text{mín}(x)}{\text{máx}(x) - \text{mín}(x)} \quad (17)$$

A Equação 18 foi utilizada para normalizar indicadores que apresentam relação negativa.

$$X' = \frac{\text{máx}(x) - x}{\text{máx}(x) - \text{mín}(x)} \quad (18)$$

Onde,

X' = valor normalizado;

x = valor real obtido ao calcular o indicador para determinado bairro;

$\text{mín}(x)$ = valor mínimo identificado entre os setores analisados;

$\text{máx}(c)$ = valor máximo identificado entre os setores.

Em relação às variáveis qualitativas, estas foram classificadas como categóricobinárias, que são variáveis de valor finito que podem assumir dois valores: sim ou não. A normalização dessas métricas ocorreu por meio da avaliação condicional, onde foram atribuídos os valores 1, para àquelas que tiveram como resposta o “sim”; e 0 para àquelas que tiveram como resposta o “não”.

Em situações específicas, onde os indicadores não apresentaram valores mínimos ou máximos predefinidos devido à inconsistência ou inexistência de dados, foram construídas escalas de classificação para a normalização dessas variáveis, considerando como base referências nacionais. Essas faixas foram construídas presumindo-se três cenários possíveis para os indicadores, onde cada um possui uma pontuação associada: muito favorável – 1 ponto; favorável – 0.5 ponto; e desfavorável – 0.1 ponto, sendo que, na ausência de registro de dados para o cálculo do indicador, foi atribuída pontuação 0.

No Quadro 15 é apresentado os indicadores e as respectivas metodologias de padronização adotadas para ajustá-los a uma base comum e comparável.

Quadro 15 - Metodologia de normalização adotada para cada indicador

Dimensão	Indicador	Natureza	Método de padronização
Ambiental	Geração per capita de resíduos sólidos (kg/hab./ano)	Quantitativo	Mín-máx
	Taxa de disposição em aterros (%)	Quantitativo	Mín-máx
	Geração de resíduos por composição (frações): orgânicos, papel, plásticos, metais e outros - %	Quantitativo	Faixa de classificação
	Taxa de cobertura da coleta seletiva no setor %	Quantitativo	Mín-máx
	Existência de coleta seletiva no setor	Qualitativo	Avaliação condicional
	Existência de Ponto de Entrega Voluntária (PEVs)	Qualitativo	Avaliação condicional
Econômica	Custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário (R\$/ano)	Quantitativo	Mín-máx
	Despesas com gestão de resíduos sólidos per capita (R\$/hab.ano)	Quantitativo	Mín-máx
	Percentual da receita arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gerenciamento de RSU por setor (%)	Quantitativo	Mín-máx
Social	População atendida pela coleta regular de resíduos (%)	Quantitativo	Mín-máx

(continua)

Dimensão	Indicador	Natureza	Método de padronização
Social	Existência de catadores de materiais recicláveis das associações e/ou cooperativas no setor	Qualitativo	Avaliação condicional
	Realização de campanhas de conscientização ambiental no setor	Qualitativo	Avaliação condicional

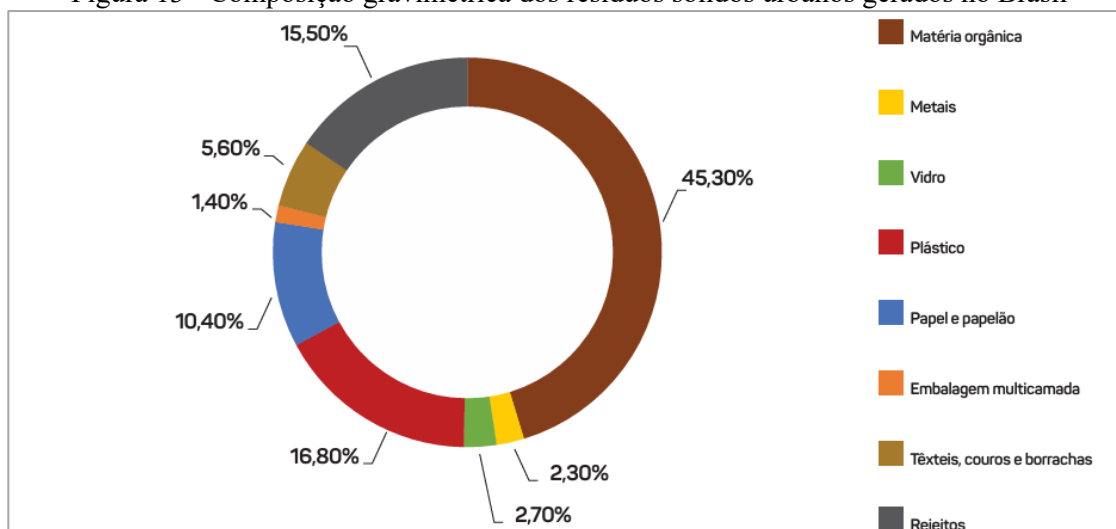
	Parcela de escolas municipais do setor que implementam programas de conscientização sobre resíduos (%)	Quantitativo	Mín-máx
	Capacidade de resposta às reclamações dos usuários (%)	Quantitativo	Mín-máx

Fonte: Autora (2025)

A normalização do indicador “Geração de resíduos por composição” foi realizada por meio da faixa de classificação, pois trata-se de uma métrica que leva em consideração diversas variáveis, o que dificulta a sua normalização pelo método mínimo-máximo.

Esse indicador expressa a quantidade de resíduos sólidos gerados por tipos de materiais em um determinado volume de resíduos. Dessa forma, quanto menor for a fração de rejeitos e maior o percentual da parcela reciclável gerada em um setor ou município, melhor será o resultado do indicador. Nessa perspectiva, a faixa de classificação do indicador foi desenvolvida considerando a composição gravimétrica brasileira dos resíduos sólidos urbanos, disponível no Plano Nacional de Resíduos Sólidos (Planares, 2022). A Figura 13 mostra a composição gravimétrica dos RSU gerados no Brasil.

Figura 13 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos gerados no Brasil



Fonte: Planares (2022)

Tomando como referência os valores da composição gravimétrica brasileira, e considerando que a parcela orgânica pode ser aproveitada por meio de técnicas como compostagem e digestão anaeróbia, foi construída uma escala que considera a parcela reciclável como sendo a soma das frações orgânica e inorgânica (plástico, metal, vidro e papel/papelão), o que representa 77,5% do gerado no país.

Para tanto, foi imposta uma escala que considera que o cenário mais favorável ocorrerá quando a fração reciclável for superior a 75% e a quantidade de rejeitos inferior a 15%; enquanto a situação desfavorável será observada quando a parcela reciclável for inferior a 50% e o percentual de rejeitos superior à 30% (Tabela 14).

Tabela 14 - Faixa de classificação do indicador Geração de resíduos por composição

Classificação	Faixa de valores	Pontuação associada
Muito favorável	Recicláveis > 75% Rejeito < 15%	1.0
Favorável	Recicláveis de 50 % a 75% Rejeito de 15% a 30%	0.5
Desfavorável	Recicláveis < 50% Rejeito > 30%	0.1

Fonte: Autora (2025)

4.5 Agregação das variáveis

A agregação de variáveis representa a etapa final do processo de construção de um índice (Parvez, Ahammed, 2024), e consiste no agrupamento de indicadores em uma única variável numérica, capaz de expressar o fenômeno estudado de forma sintética. Diversas formulações matemáticas são utilizadas para agregação das variáveis, como a média aritmética (Gopinath *et al.*, 2020), média geométrica ponderada (Usubiaga-Liaño; Ekins, 2021), somatório e o modelo do produto (Coelho; Lange; Coelho, 2012). Cada uma dessas abordagens oferece técnicas diferentes de sintetização dos indicadores, logo, a definição dessa metodologia está diretamente associada ao objetivo da pesquisa.

Na construção do Índice Setorizado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais (ISGRSM), optou-se pela metodologia da agregação ponderada aditiva, que consiste na soma do produto de cada indicador pelo seu peso, devido à sua facilidade de compreensão, aplicabilidade e replicação.

Inicialmente, foi realizada a agregação dos indicadores de acordo com o eixo temático em ambiental, econômico e social, o que resultou em três subíndices: 1) Índice ambiental de gerenciamento de resíduos setorizado (IAGRS), 2) Índice econômico de gerenciamento de resíduos setorizado (IEGRS), 3) Índice social de gerenciamento de resíduos setorizado (ISGRS). A formulação dos subíndices são resultado da agregação ponderada aditiva dos indicadores e são representados matematicamente pelas equações 19, 20 e 21, respectivamente.

$$IAGRS = (I_1 * P_1) + (I_2 * P_2) + \dots + (I_n * P_n) \quad (19)$$

$$IEGRS = (I_1 * P_1) + (I_2 * P_2) + \dots + (I_n * P_n) \quad (20)$$

$$ISGRS = (I_1 * P_1) + (I_2 * P_2) + \dots + (I_n * P_n) \quad (21)$$

Em que,

IAGRS: Índice ambiental de gerenciamento de resíduos setorizado;

IEGRS: Índice econômico de gerenciamento de resíduos setorizado;

ISGRS: Índice social de gerenciamento de resíduos setorizado;

I_n : Indicador n ;

P_n : Peso do indicador n .

Por fim, os subíndices temáticos foram sintetizados em um único índice, constituindo o ISGRSM. A métrica é formada pela soma dos subíndices multiplicado pelos respectivos pesos de cada dimensão, conforme modelo matemático proposto na Equação 22.

$$ISGRSM = (P_d * IAGRS) + (P_d * IEGRS) + (P_d * ISGRS) \quad (22)$$

Desta forma, têm-se:

ISGRSM: Índice Setorizado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais (ISGRSM);

IAGRS: Índice ambiental de gerenciamento de resíduos setorizado;

IEGRS: Índice econômica de gerenciamento de resíduos setorizado;

ISGRS: Índice social de gerenciamento de resíduos setorizado;

P_d : Ponderação atribuída a cada dimensão.

Os resultados obtidos em cada subíndice, ao serem multiplicados pelo peso de cada dimensão compõem o valor final do índice que será enquadrado em uma faixa de classificação proposta. Essa classificação permite identificar o desempenho do gerenciamento de resíduos, bem como a comparação dos resultados entre diferentes setores.

Para determinar os intervalos de classificação do índice, a metodologia de Lacerda (2022) foi adaptada. A abordagem consiste na determinação do valor mínimo e máximo possível para o índice, para que um valor intermediário (Equação 23) e um valor intervalar (Equação 24) sejam obtidos. Em relação ao valor intervalar, considera-se o número de intervalos, que neste estudo foram cinco.

$$V_{\text{int}} = (V_{\text{max}} + V_{\text{min}}) / 2 \quad (23)$$

$$f = (V_{\text{max}} - V_{\text{min}}) / 5 \quad (24)$$

Em que:

V_{int} = valor intermediário;

V_{max} = valor máximo para o índice;

V_{min} = valor mínimo para o índice;

f = valor intervalar.

Com base nos valores que podem ser obtidos a partir das equações 23 e 24, os intervalos foram definidos considerando as suas variações positiva e negativa. Desse modo, cinco intervalos foram adotados, sendo distribuídos entre dois intervalos positivos, um intervalo central e dois intervalos negativos, conforme mostrado no Quadro 16.

Quadro 16 - Intervalo de classificação do ISGRSM

INTERVALO	CLASSIFICAÇÃO
$\text{IGRSM} > V_{\text{int}} + 2f$	Excelente
$V_{\text{int}} + f < \text{IGRSM} \leq V_{\text{int}} + 2f$	Bom
$V_{\text{int}} < \text{IGRSM} \leq V_{\text{int}} + f$	Moderado
$V_{\text{int}} - f < \text{IGRSM} \leq V_{\text{int}}$	Alerta
$\text{IGRSM} < V_{\text{int}} - f$	Crítico

V_{int} = valor intermediário; V_{max} = valor máximo para o índice; V_{min} = valor mínimo para o índice; f = valor. Fonte: Adaptado de Lacerda (2022).

Considerando que o valor máximo admitido para o ISGRSM seja um (1) e o valor mínimo seja zero (0), os valores da faixa de classificação do índice foram organizados conforme mostrado no Quadro 17. Para facilitar a interpretação dos resultados e torná-la mais intuitiva, foi incorporada uma cor à cada intervalo numérico.

Quadro 17 - Faixa de classificação do Índice Setorizado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais – ISGRSM

INTERVALO		CLASSIFICAÇÃO	INTERPRETAÇÃO
	> 0.90	Excelente	Gerenciamento dos resíduos no setor é sustentável, apresentando um cenário ideal.
	0.71 - 0.90	Bom	Gerenciamento dos resíduos no setor está bom, as práticas adotadas têm o aproximado da sustentabilidade, mas carece de melhorias pontuais.
	0.51 - 0.70	Moderado	O gerenciamento dos resíduos está dentro das condições aceitáveis, atendendo parcialmente a legislação vigente. Há necessidade de intensificação e melhoria das ações.
	0.31 - 0.50	Alerta	Baixo investimento no gerenciamento de resíduos, havendo problemas consideráveis e necessidade de melhorias urgentes.
	≤ 0.3	Crítico	Não há investimento no gerenciamento de resíduos no setor. Práticas ilegais, inadequadas ou fora das condições aceitáveis. Alta urgência e prioridade no desenvolvimento de ações.

Fonte: Autora (2025).

4.6 Validação do Índice

A etapa final do procedimento metodológico consistiu na validação do índice proposto, por meio da sua aplicação em 20 setores de coleta da cidade de João Pessoa. A finalidade foi avaliar a sua aplicabilidade, bem como o desempenho ambiental, econômico e social do gerenciamento setorizado dos resíduos sólidos na capital.

A definição do recorte da pesquisa influencia diretamente a abrangência, precisão da análise e o tamanho da amostra estudada. Para garantir a representatividade do problema e evitar distorções causadas por resíduos com características e volumes diferentes, optou-se por investigar o gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares, que estão sob responsabilidade da prefeitura municipal. Para isso, foi considerado exclusivamente os resíduos sólidos gerados nas residências de cada setor, sendo excluídos os locais de geração sob responsabilidade da prefeitura municipal, tais como abatedouros, escolas, estabelecimentos de saúde; bem como os grandes geradores, cuja produção diária supera 200 litros.

Para viabilizar a aplicação do índice, foram levantados dados primários, oriundos do estudo gravimétrico dos resíduos sólidos domiciliares produzidos nos setores estudados; além de dados secundários obtidos junto à Prefeitura Municipal de João Pessoa, por meio da Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana (Emlur), bem

como no aterro sanitário, através dos relatórios de pesagem dos resíduos que chegam ao local.

Adicionalmente, foram utilizados dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), do Sistema Nacional de Informação em Saneamento Básico – SINISA, do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS-JP), de documentos oficiais, relatórios eletrônicos, teses, dissertações e artigos científicos que tratam sobre a gestão de resíduos sólidos de João Pessoa. Esses dados incluíram informações sobre prestações de serviços (coleta, transporte e disposição final); receitas relacionadas ao gerenciamento de resíduos sólidos domésticos (RSD); programas/ações de educação ambiental desenvolvidas na capital; informações demográficas e econômica dos bairros.

4.6.1 Recorte dos Setores

Definido o recorte do estudo, referente ao campo de abrangência da pesquisa, que foi delimitado aos resíduos sólidos de origem exclusivamente domiciliar, procedeu-se à seleção dos setores de coleta do município de João Pessoa. A escolha desses setores levou em consideração variáveis estabelecidas por Silva *et al.* (2020), como os bairros atendidos pela rota de coleta, densidade demográfica, nível econômico da população e informações disponíveis sobre resíduos. Além disso, para efeitos de comparação, foram contemplados alguns bairros estudados por Pimentel (2017).

Com base nisso, foram selecionados 20 bairros entre os 64 existentes em João Pessoa, priorizando-se aqueles que possuíam roteiros de coleta exclusiva, ou seja, que não extrapolam os limites geográficos do próprio bairro. Essa escolha buscou garantir a representação das características do bairro e do seu perfil de geração de resíduos, sem interferência das características de outros setores. Os bairros incluídos foram: Altiplano, Alto do Mateus, Bairro das Indústrias, Bairro dos Estados, Bairro dos Ipês, Bancários, Castelo Branco, Cruz das Armas, Ernesto Geisel, Grotão, Jardim Cidade Universitária, Jardim Veneza, João Paulo II, Manaíra, Mangabeira, Padre Zé, Paratibe, Tambaú, Torre e Treze de Maio.

As informações populacionais relacionadas ao número de habitantes, número de domicílios, densidade demográfica e renda média foram obtidas a partir de dados censitários do IBGE relativos aos anos de 2010 e 2022. Dados sobre o gerenciamento dos resíduos foram consultados nos registros da Emlur e nos relatórios de pesagem do aterro

sanitário. Enquanto as informações sobre a composição gravimétrica foram obtidas a partir de um estudo realizado no ano de 2022 por doutorandos da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), incluindo a autora deste trabalho.

Para favorecer a análise, os bairros foram categorizados segundo o seu nível socioeconômico. Essa classificação permitiu o agrupamento de bairros com características semelhantes, além de favorecer uma melhor compreensão dos impactos econômicos na geração, nas características dos resíduos sólidos gerados e nas práticas de gerenciamento adotadas. Para isso, utilizou-se a classificação proposta por Pimentel (2017), que definiu cinco categorias socioeconômicas de acordo com a faixa de renda populacional: Classes A, B, C, D e E (Tabela 15). Destaca-se que, para a análise de renda dos bairros, foram adotados dados do censo demográfico de 2010, visto que os microdados do censo de 2022 não foram divulgados até a data de finalização da pesquisa.

Tabela 15 - Classificação das classes econômicas conforme faixa de renda

Categorias	Faixa de renda	Faixa de renda em reais *
Classe A	superior a 10 salários mínimos	> R\$ 7.880,00
Classe B	superior a 5 até 10 salários mínimos	> R\$ 3.940,00 – R\$ 7.880,00
Classe C	superior a 3 até 5 salários mínimos	> R\$ 2.364,00 – R\$ 3.940,00
Classe D	Superior a 2 até 3 salários mínimos	> R\$ 1,576 - R\$ 2.364,00
Classe E	até 2 salários mínimos	≤ R\$ 1,576,00

Fonte: Pimentel (2017)

Na Tabela 16, é possível visualizar os bairros selecionados com as respectivas informações sobre rendimento domiciliar, classe socioeconômica, número de domicílios e população dos setores correspondentes. O rendimento domiciliar considerado foi o do ano de 2010, em virtude da falta de dados atualizados. A classificação por renda revelou que três bairros foram classificados na classe social A, nove enquadraram-se na classe B, cinco na classe C, cinco na classe D e três na classe E.

Tabela 16 - Classificação social dos bairros de acordo com o rendimento domiciliar

Bairro	Rendimento Domiciliar (R\$) – 2010	Classe Social	Domicílios (2022)	População (2022)	Percentual população (2022)
Tambaú	12.152,64	A	4053	9.899	1.19%
Manaíra	11.774.39	A	10374	26.464	3.17%
Bairro dos Estados	10.466.28	A	3642	10.326	1.24%

Altiplano	7.775,24	B	3623	10.443	1.25%
Jardim Cidade Universitária	5.220,76	B	9811	25.582	3.07%
Bancários	5.135,58	B	6442	16.627	1.99%
Treze de Maio	4.827,23	B	2727	7.968	0.96%
Torre	4.445,37	B	4908	13.549	1.62%
Bairro dos Ipês	3.513,89	C	3019	8.621	1.03%
Ernesto Geisel	3.304,95	C	4979	13.683	1.64%
Castelo Branco	3.116,51	C	3613	9.923	1.19%
Mangabeira	2.487,72	C	24555	70.903	8.50%
Paratibe	1.602,88	D	7179	20.920	2.51%
Bairro das Indústrias	1.760,13	D	4309	12.585	1.51%
Alto do Mateus	1.768,09	D	5261	15.348	1.84%
Cruz das Armas	1.985,68	D	7117	20.491	2.46%
João Paulo II	2.247,44	D	6722	19.197	2.30%
Jardim Veneza	1.421,37	E	4457	13.114	1.57%
Grotão	1.483,29	E	1651	4.776	0.57%
Padre Zé	1.553,47	E	2021	5.988	0.72%

Fonte: IBGE (2010) e IBGE (2022)

4.6.2 Caracterização gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos de João Pessoa/PB

A compreensão das características dos resíduos sólidos é indispensável para projetar sistemas de gestão de resíduos, uma vez que permite o direcionamento adequado dos serviços de coleta, tratamento e disposição final, além de possibilitar a alocação de recursos humanos e econômicos de maneira eficiente (Pimentel, 2017). Para isso, foi realizada a caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares gerados nos 20 bairros selecionados, com o objetivo de reconhecer o perfil dos diferentes materiais presentes nas massas de resíduos.

A caracterização foi realizada por alunos de doutorado em Engenharia Civil e Ambiental da UFPB, incluindo a autora deste estudo, durante os meses de agosto a novembro de 2022, com uma média de análise de três bairros por semana.

Os veículos compactadores que realizam a coleta dos RSU nos bairros de João Pessoa possuem uma capacidade de transporte de 10 toneladas. No entanto, devido à variação da quantidade de resíduos gerados em cada bairro e visando a padronização da análise, foram definidas amostras representativas para a caracterização de aproximadamente 500 kg por bairro.

Para a condução do estudo, foi montada uma estrutura no Ecoparque João Pessoa, composta por tenda, lona plástica para impermeabilização do piso, mesa para classificação dos resíduos, tambores metálicos com capacidade de 200 litros cada, balança eletrônica de piso com capacidade de 200 kg, pás, ciscadores, e retroescavadeira para homogeneização e quarteamento das amostras.

No local, o processo de caracterização contemplou cinco etapas principais: i) descarregamento dos resíduos; ii) homogeneização; iii) quarteamento; iv) segregação dos resíduos; v) pesagem das amostras (Figura 14).

Figura 14 - Etapas metodológicas da caracterização dos RSU dos bairros de João Pessoa/PB



Fonte: Autora (A, B, C, D, F) (2025); Pimentel (E) (2017).

Ao chegarem ao Ecoparque, os caminhões compactadores eram pesados e direcionados para o acampamento para descarregamento dos materiais. As amostras eram descarregadas em pilhas, homogeneizadas utilizando uma retroescavadeira e, por fim, quarteadas conforme preceitos da NBR 10.007/2004 (ABNT, 2004).

No processo de quarteamento, a amostra homogeneizada foi dividida em quatro partes equivalentes. Duas partes opostas entre si foram selecionadas para constituir uma nova amostra, descartando-se as restantes. As partes opostas selecionadas para formar uma nova amostra foram novamente homogeneizadas e quarteadas, repetindo o processo até obter a quantidade estimada para a caracterização que era, como já citado, de 500 kg.

Após o processo de quarteamento, os resíduos foram segregados em diferentes categorias e alocados para recipientes de 200 litros. Cada recipiente foi pesado individualmente, registrando-se os pesos correspondentes. Em seguida, a proporção de cada tipo de resíduo foi calculada utilizando regra de três ponderada, garantindo uma análise do percentual dos resíduos.

Em virtude da ausência de legislação específica ou metodologia que padronize as categorias de materiais que compõe os RSU, esta pesquisa adotou onze (11) categorias, com base nos estudos de Flôres Neto (2002) e Carvalho (2021), conforme mostrado no Quadro 18. Embora o coco se enquadre na subcategoria dos resíduos orgânicos, a sua geração no município é significativa, por essa razão, esse grupo foi analisado separadamente.

Quadro 18 - Categorias e subcategorias para caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS
Resíduos Orgânicos	restos de alimentos, frutas, verduras, resíduos verdes (poda e jardinagem)
Cocos	-
Plásticos	sacola, pet, descartáveis e embalagens
Papel/Papelão	livros, revistas, jornais, caixas, embalagens e outros
Metais	ferrosos e não ferrosos
Vídras	vidrarias em geral, com exceção de espelhos
Têxteis	roupas, lençóis, tecidos e similares
Madeira / Borracha / Couro	madeira, borracha, couro
Resíduos Perigosos	Eletroeletrônicos
	resíduos de serviços de saúde
Resíduos da Construção Civil	-
Rejeitos	tetra-pak, isopor, absorventes, fraldas, outros

Fonte: Flôres Neto (2002), Carvalho (2021)

Os resíduos com suspeita de contaminação foram classificados como perigosos e incluiu medicamentos, seringas de insulinas, máscaras, pilhas, baterias e similares. Em relação aos resíduos da construção civil, foram considerados pertencentes à categoria as sobras de construções, como areia, bloco, cerâmica, gesso, argamassa. Nos casos em que não foi possível identificar a categoria do material, estes foram classificados como rejeito.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção apresenta e discute os principais resultados da pesquisa. Esses resultados estão estruturados segundo as etapas metodológicas da pesquisa, tendo início com a apresentação das variáveis selecionadas a partir da revisão bibliométrica-sistemática; seguido da validação desses indicadores por meio da técnica Delphi; da hierarquização com base na abordagem AHP; das variáveis agregadas responsáveis por compor o índice; e, por fim, da aplicação da métrica para avaliação dos sistemas setorializados de coleta da cidade de João Pessoa.

5.1 Variáveis selecionadas

A partir da revisão bibliométrica-sistemática foram selecionados 26 indicadores potenciais para compor o índice. Esses indicadores foram categorizados nas dimensões ambiental, econômica e social, de acordo com a seguinte distribuição: 13 ambientais, 5 econômicos e 8 sociais (Quadro 19). Os indicadores em questão são direcionados para a análise de diferentes etapas da gestão de resíduos, abrangendo geração, coleta, transporte, tratamento, disposição final, eficiência econômica, operacional, educacional e abrangência social.

Quadro 19 - Indicadores selecionados a partir da revisão bibliométrica-sistemática

DIMENSÃO	INDICADOR	REFERÊNCIA
AMBIENTAL	Geração per capita de resíduos sólidos (kg/hab./ano)	Silva, Prietto e Korf (2019), Bymba e Ishikawa (2017), Santiago e Dias (2012), Pereira, Curi, Curi (2018), SNIS (2020)
	Geração de resíduos por composição (frações): orgânicos, papel, plásticos, metais (%)	Silva, Prietto e Korf (2019), Cailean e Teodosiu (2016)
	Massa coletada per capita de RSU (kg/hab./dia)	SNIS (2020)
	Quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados anualmente no setor (t/ano)	Sá <i>et al.</i> (2023)
	Taxa de coleta seletiva porta a porta em relação à população do setor (%)	Jucá, Barbosa e Sobral (2020), Silva, Prietto e Korf (2019)
	Existência de coleta seletiva no setor (qualitativo)	Jucá, Barbosa e Sobral (2020), Santiago e Dias (2012), SNIS (2019)
	Existência de Ponto de Entrega Voluntária de Resíduos Recicláveis no setor (PEVs) (qualitativo)	Parekh <i>et al.</i> (2014), Pereira e Fernandino (2019)

(continua)

DIMENSÃO	INDICADOR	REFERÊNCIA
AMBIENTAL	Tonelagem anual de RSU depositado em aterro sanitário (t/ano)	Parekh <i>et al.</i> (2014)
	Taxa de disposição em aterros (%)	Milutinović <i>et al.</i> (2016), Silva, Prietto e Korf (2019)
	Resíduos aterrados per capita (t/hab.)	Căilean e Teodosiu (2016)
	Emissões de gases de efeito estufa (GEE) geradas por tonelada de resíduo (GEE/tonelada de resíduo)	Milutinović <i>et al.</i> (2016), AlHumid <i>et al.</i> (2019), Lahou e Alsabbagh (2019)
	Eficiência de coleta (t/h)	Olay-Romero <i>et al.</i> (2020)
	Eficiência da rota de coleta (km/t)	
ECONÔMICA	Custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário (R\$/ano)	Mendes <i>et al.</i> (2013); AlHumid <i>et al.</i> (2019); Lahou E Alsabbagh (2019); Silva, Prietto e Korf (2019)
	Custo anual do serviço de gerenciamento de resíduos por setor (R\$/ano)	Mendes <i>et al.</i> (2013); Silva, Prietto e Korf (2019), Jucá, Barbosa e Sobral (2020), SNIS (2020)
	Despesas com gestão de resíduos per capita (R\$/hab./ano)	Lahou e Alsabbagh (2019), Ferreira <i>et al.</i> (2020)
	Custo por tonelada descartada (R\$/ton)	Parekh <i>et al.</i> (2014); AlHumid <i>et al.</i> (2019)
	Percentual da arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gerenciamento de RSU por setor (%)	Adaptado a partir do SNIS (2020)
SOCIAL	População atendida pela coleta regular de resíduos (%)	Pereira, Curi, Curi (2018), SNIS (2019)
	Existência de Catadores de Materiais Recicláveis das Associações no Setor (qualitativo)	Pereira, Curi, Curi (2018)
	Satisfação da população em relação à coleta de resíduos domiciliares (frequência e horário) (qualitativo)	Pereira e Fernandino (2019), Santiago e Dias (2012)
	Capacidade de resposta às reclamações dos usuários (%)	Silva, Prietto e Korf (2019)
	Campanhas de conscientização porta a porta no setor (qualitativo)	Adaptado a partir de Rodrigues <i>et al.</i> (2018)
	Frequência da coleta de RSU no setor (dias/semana)	Zaman (2014), Pereira, Curi, Curi (2018)
	Percentual da área do setor atendida pela coleta domiciliar de resíduos (%)	Adaptado a partir de Cervantes <i>et al.</i> (2021)
	Parcela de escolas municipais do setor que implementam programas de conscientização sobre resíduos (%)	Fuss (2018)

Fonte: Autora (2025)

Treze (13) indicadores foram propostos para compor a dimensão ambiental. Essa componente envolve métricas que avaliam os impactos do gerenciamento dos resíduos

sólidos sobre o meio ambiente (Pereira, Curi, Curi, 2018), como as etapas de geração, coleta convencional e seletiva, tratamento, destinação e disposição final dos resíduos.

O indicador geração de resíduos sólidos per capita, por exemplo, é uma das métricas mais adotadas em estudos dessa natureza (Santiago, Dias, 2012; Elsaid, 2018; Pereira, Curi, Curi, 2018; Silva, Prietto, Korf, 2019). Esse indicador calcula a quantidade de resíduos produzidos por habitante em uma determinada região, diariamente ou anualmente, apresentando influência de fatores como crescimento populacional, poder aquisitivo, estilo de vida e padrões de consumo (Adamović *et al.*, 2017).

Em contrapartida, cinco (5) indicadores econômicos foram selecionados para identificar a sustentabilidade financeira setorizada na gestão de resíduos, estando diretamente relacionados aos custos e às receitas arrecadadas. São exemplos disso os indicadores: “despesas com gestão de resíduos per capita” e “percentual da receita arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gerenciamento de RSU”.

A despesa com a gestão de resíduos é um indicador que mede os custos financeiros com a implementação e a operação da gestão, que vai desde a concepção até a disposição final dos rejeitos. Essas despesas podem sofrer interferência de aspectos como infraestrutura, mão de obra disponível e abrangência das rotas tecnológicas de coleta.

Oito (8) indicadores foram sugeridos para a dimensão social, com o objetivo de avaliar os impactos da GRSU nos indivíduos envolvidos, sejam prestadores de serviços ou usuários. Essas condições podem ser avaliadas por meio de indicadores como grau de satisfação no atendimento ao usuário, qualificação e treinamento dos profissionais envolvidos (Rodrigues *et al.*, 2018), educação e sensibilidade ambiental da população (Santiago; Dias, 2012; Parekh *et al.*, 2014).

O nível de educação ambiental de uma população reflete o grau de conscientização, de sensibilização e de desenvolvimento de padrões sustentáveis (Pereira, Fernandino, 2019). Na gestão de resíduos, essa prática repercute em outros aspectos como redução da geração de resíduos, adesão da população aos programas de coleta seletiva e eficiência na segregação dos resíduos. Ferronato *et al.* (2018) reforçam a importância das ações de educação ambiental, ao observarem que há uma maior probabilidade de adesão dos indivíduos aos programas de coleta seletiva quando recebem orientações sobre a reciclagem e são inclusos nas atividades dos programas.

5.2 Validação dos indicadores

5.2.1 Perfil dos Especialistas

Como já citado na metodologia, para a validação dos indicadores foram recrutados especialistas de diferentes estados brasileiros. O intuito da diversidade regional foi aprimorar os indicadores propostos, levando em consideração as diferentes perspectivas de acordo com as particularidades das diferentes regiões do país. Para tanto, foram priorizados especialistas acadêmicos e profissionais atuantes no tema. Com isso, 25 especialistas participaram da primeira rodada Delphi, dos quais 64% eram do gênero feminino e 36% do masculino, com faixa etária variando de 25 a mais de 50 anos.

No tocante à formação dos especialistas, foi possível observar uma predominância de Engenheiros Civis e Ambientais, representando 32% e 24% do total, respectivamente. Além disso, outras formações, com menor frequência, foram identificadas, como gestão ambiental, ciências econômicas, ciências ambientais e geografia. A concentração de engenheiros pode ser atribuída ao conhecimento notório desses profissionais sobre resíduos sólidos, garantindo contribuições técnicas sobre o problema. Contudo, a inclusão de profissionais de outras áreas é imprescindível para assegurar um olhar multidisciplinar em diferentes contextos da gestão (Tabela 17).

Tabela 17 - Caracterização da formação e esfera de atuação dos especialistas.

Variáveis	N	%
Formação Acadêmica		
Ciências Econômicas	1	4%
Engenharia Agrônômica	1	4%
Engenharia Ambiental	6	24%
Engenharia Civil	8	32%
Engenharia Sanitária	3	12%
Geografia	1	4%
Gestão Ambiental	3	12%
Química industrial	1	4%
Tecnologia em Saneamento Ambiental	1	4%
Titulação Acadêmica		
Graduação	2	8%
Especialização	1	4%
Mestrado	8	32%
Doutorado	14	56%
Esfera de Atuação		
Federal	11	44%
Estadual	5	20%

(continua)

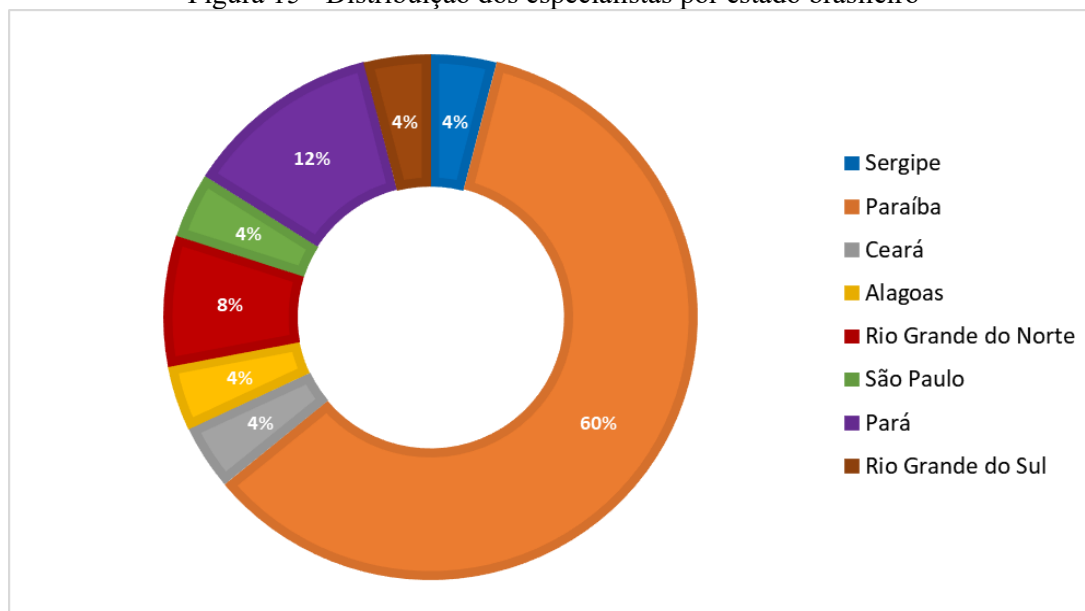
Esfera de Atuação	N	%
Municipal	3	12%
Privada	2	8%
Profissional Liberal	2	8%
Outro	2	8%

Fonte: Autora (2025)

No que tange à titulação acadêmica, constatou-se que 92% dos especialistas possuem pós-graduação a nível *latu sensu* ou *stricto sensu*, com destaque para profissionais com título de doutor (56%). Em paralelo, notou-se que 76% dos respondentes atuam em instituições públicas, sendo 44% na esfera federal, 20% na estadual e 12% na municipal. O engajamento de servidores públicos é relevante para a identificação das lacunas existentes nas práticas de manejo dos resíduos sólidos, auxiliando no fornecimento de uma visão sobre os desafios da GRSU.

Em termos de localização geográfica, estes estavam distribuídos entre 8 estados brasileiros. A Paraíba apresentou o maior número de especialistas, totalizando 60% dos membros da pesquisa (Figura 15). O grande número de especialistas paraibanos justifica-se pela escala geográfica de aplicação da pesquisa, que aconteceu na cidade de João Pessoa/PB, priorizando-se assim, profissionais que atuam no Estado.

Figura 15 - Distribuição dos especialistas por estado brasileiro



Fonte: Autora (2025)

5.2.2 Validação dos indicadores: Método Delphi

Na primeira rodada, 26 indicadores foram julgados quanto à sua relevância e capacidade de interpretação para a GRSU setORIZADA. Esse primeiro momento envolveu a apreciação quantitativa e qualitativa dos indicadores, por meio da atribuição de notas e das sugestões de alteração, exclusão e inclusão de novas métricas. As observações recebidas nessa rodada foram analisadas e os indicadores ajustados para julgamento na segunda rodada. Enquanto as contribuições numéricas foram submetidas à análise estatística para determinação da mediana, frequência das notas e desvio do quartil, com o objetivo de identificar o consenso das variáveis.

Os resultados estatísticos da primeira rodada podem ser observados na Tabela 18. Nessa rodada, 21 dos 26 indicadores atingiram o consenso em termos de relevância, apresentando mediana ≥ 4 , frequência das notas 4 e 5 $\geq 76\%$ e $DQ \leq 0.5$, indicando a importância dos indicadores para a análise setORIZADA. Os cinco (5) indicadores que não alcançaram a concordância fazem parte da dimensão ambiental e foram excluídos da 2ª rodada.

Quanto à facilidade de interpretação, apenas os indicadores “massa coletada per capita de resíduo sólido urbano”, “emissões de gases de efeito estufa (GEE) geradas por tonelada de resíduo” e “capacidade de resposta às reclamações dos usuários”, apresentaram mediana inferior a 4 e frequência das notas 4 e 5 menor que 50%. Os indicadores de massa coletada e emissão de GEE foram excluídos por falta de consenso no critério de relevância. Já o indicador capacidade de resposta foi modificado para ser reavaliado na segunda rodada, uma vez que a discordância no parâmetro facilidade de interpretação não era excludente.

Tabela 18 - Resultados da primeira rodada do Método Delphi

DIMENSÃO	INDICADOR	Relevância			Facilidade de Interpretação		Resultado do consenso
		Mediana	Σ 4 e 5 %	DQ	Mediana	Σ 4 e 5 %	
AMBIENTAL	Geração per capita de resíduos sólidos (kg/hab./ano)	5	84%	0.5	4	72%	Mantido
	Geração de resíduos por composição (frações): orgânicos, papel, plásticos, metais e outros - %	5	80%	0.5	4	52%	Mantido
	Massa coletada per capita de Resíduo Sólido Urbano (kg/hab./dia)	4	68%	1	3	48%	Excluído
	Quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados anualmente no setor (t/ano)	5	80%	0.5	4	76%	Excluído por similaridade
	Taxa de cobertura da coleta seletiva no setor - %	4	84%	0.5	4	64%	Mantido
	Existência de coleta seletiva no setor (qualitativo)	4	80%	0.5	4	64%	Mantido
	Existência de Ponto de Entrega Voluntária de Recicláveis no setor (PEVs) - (qualitativo)	4	80%	0.5	4	56%	Mantido
	Tonelagem anual de RSU depositado em aterro sanitário (t/ano)	4	72%	1	4	76%	Excluído
	Taxa de disposição em aterros (%)	5	84%	0.5	4	79%	Mantido
	Resíduos aterrados per capita (t/hab)	4	76%	0.5	4	71%	Mantido
	Emissões de gases de efeito estufa (GEE) geradas por tonelada de resíduo (GEE/tonelada de resíduo)	4	72%	1	3	40%	Excluído
	Eficiência de coleta (t/h)	4	68%	1	4	56%	Excluído
	Eficiência da rota de coleta (km/t)	4	72%	1	4	54%	Excluído
ECONÔMICA	Custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário (R\$/ano)	4	80%	0.5	4	60%	Mantido
	Custo anual do serviço de gerenciamento de resíduos sólidos (R\$/ano)	4	80%	0.5	4	64%	Mantido

(continua)

DIMENSÃO	INDICADOR	Relevância			Facilidade de Interpretação		Relevância
		Mediana	Σ 4 e 5 %	DQ	Mediana	Σ 4 e 5 %	
ECONÔMICA	Despesas com gestão de resíduos per capita (R\$/hab./ano)	4	88%	0.5	4	56%	Mantido
	Custo por tonelada descartada (R\$/t)	5	76%	0.5	4	72%	Mantido
	Percentual da receita arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gerenciamento de RSU por setor (%)	5	80%	0.5	4	56%	Mantido
SOCIAL	População atendida pela coleta regular de resíduos (%)	5	88%	0.5	4	76%	Mantido
	Existência de Catadores de Materiais Recicláveis das Associações e/ou Cooperativas no Setor (Qualitativo)	4	88%	0.5	4	68%	Mantido
	Satisfação da população em relação à coleta de resíduos domiciliares (frequência e horário)	4	84%	0.5	4	56%	Mantido
	Capacidade de resposta às reclamações dos usuários (%)	4	76%	0.5	3	48%	Mantido
	Campanhas de conscientização porta a porta no setor (Qualitativo)	4	80%	0.5	4	72%	Mantido
	Frequência da coleta de resíduos sólidos urbanos no setor (dias/semana)	5	88%	0.5	4	80%	Mantido
	Percentual da área do setor atendida pela coleta domiciliar de resíduos (%)	5	84%	0.5	4	72%	Mantido
	Parcela de escolas municipais do setor que implementam programas de conscientização sobre resíduos (%)	4	84%	0.5	4	72%	Mantido

DQ – Desvio do quartil. Fonte em vermelho: indicadores excluídos.

Fonte: Autora (2025).

Os indicadores da dimensão ambiental que não atingiram a concordância em termos de relevância foram: “massa coletada per capita de resíduos sólidos urbanos”, “tonelagem anual de RSU depositado em aterro sanitário”, “emissões de gases de efeito estufa (GEE) geradas por tonelada de resíduo”, “eficiência da coleta” e “eficiência da rota de coleta”. Esses indicadores apresentaram DQ igual a 1 e percentuais de concordância de 68%, 72%, 72%, 68% e 72%, respectivamente.

Para os especialistas, o indicador “massa coletada per capita” assemelha-se ao indicador “geração per capita de resíduos sólidos”, com distinção apenas do tempo base, já que um é medido diariamente, enquanto o outro, anualmente. Por essa razão, consideraram prudente a permanência apenas do indicador geração per capita.

O indicador “emissões de gases de efeito estufa (GEE)” teve a sua aplicabilidade questionada devido à disponibilidade de dados para avaliar o indicador e à determinação precisa do resíduo gerado, inclusive daquele que não é destinado ao aterro sanitário. Em paralelo, a facilidade de interpretação também foi pontuada, visto que muitos municípios podem apresentar dificuldades em avaliar o indicador, seja por não possuir limites definindo os malefícios dessas emissões ao meio ambiente, ou por não existir tecnologias disponíveis para o controle desse indicador. De fato, estimar as emissões de GEE pode ser complexo para alguns municípios, visto que muitos não sistematizam os dados referentes à gestão de resíduos, o que impossibilita a aplicabilidade do indicador.

A falta de consenso do indicador “eficiência da coleta (t/h)” justifica-se pela influência das características de cada setor no tempo de coleta, como extensão da área, tamanho da população, quantidade de resíduos, infraestrutura do setor. Esses fatores podem interferir negativamente a sustentabilidade do indicador e tornar o resultado arbitrário. O indicador “rota de coleta (km/t)” foi considerado mais relevante que o indicador “eficiência da coleta”, principalmente para as prefeituras ou prestadores de serviços, no entanto, a dificuldade em mensurar essa métrica reside na confiabilidade do roteiro traçado e na fiscalização em relação à execução da rota, onde muitas vezes são insatisfatórias.

O indicador social “capacidade de resposta às reclamações dos usuários” alcançou 76% de relevância, com DQ 0.5 e mediana 4, no entanto, em relação à facilidade de interpretação, o indicador apresentou mediana inferior a 4 e concordância de 48%. Nesse caso, o indicador foi reajustado para análise na segunda rodada. Outros dois indicadores sociais foram modificados, conforme sugestões do especialistas, com o intuito de torná-los mais adequados para avaliar as dimensões abordadas (Quadro 20).

Quadro 20 - Modificações propostas para a segunda rodada Delphi

DIMENSÃO	Indicador	Modificação	Rodada 1	Rodada 2
Social	Capacidade de resposta às reclamações dos usuários (%)	Fórmula de Cálculo	Número total de reclamações de manejo de resíduos resolvidas em 24 h/Número total de reclamações de manejo de resíduos recebidas em 24 h x 100	[(Número de reclamações resolvidas dentro do prazo estipulado / Número total de reclamações recebidas) x (Efetividade no atendimento ¹)] x 100
	Campanhas de conscientização porta a porta no setor (Qualitativo)	Nomenclatura	Campanhas de conscientização porta a porta no setor (Qualitativo)	Realização de Campanhas de conscientização (Qualitativo)
	Frequência da coleta de resíduos sólidos urbanos no setor (dias/semana)	Nomenclatura	Frequência da coleta de resíduos sólidos urbanos no setor (dias/semana)	Efetividade da coleta de resíduos sólidos urbanos no setor - %
		Fórmula de cálculo	Quantidade de dias da semana que há coleta no setor	(Coletas realizadas / coletas esperadas) *100

¹Efetividade no atendimento (%) = (Número de reclamações resolvidas com sucesso / Número total de reclamações resolvidas) x 100

A modificação realizada no indicador “Capacidade de resposta às reclamações dos usuários” está relacionada à fórmula de cálculo, que a princípio considerava somente a quantidade de reclamações resolvidas em relação à quantidade total de reclamações em um prazo de 24h. Do ponto de vista dos especialistas, o indicador deveria considerar a efetividade no atendimento e um prazo maior para o tempo de resposta, visto que a extensão do prazo pode depender da complexidade do problema. Para a rodada 2 a fórmula contemplou a efetividade no atendimento, e desconsiderou o tempo de resposta, estando o indicador atrelado apenas à resolução das reclamações.

O indicador “Campanhas de conscientização porta a porta no setor” foi contestado em relação à sua eficácia, pois essas ações podem levar anos a depender do tamanho da população do município. Assim, a sugestão foi que o indicador considerasse apenas a realização de campanhas, sem que necessariamente fosse porta a porta.

A alteração do indicador “Frequência da coleta de resíduos sólidos urbanos no setor” foi realizada tanto na nomenclatura, quanto na fórmula de cálculo. A princípio, a métrica considerava apenas a quantidade de coletas realizada no setor, que o tornava subjetivo, visto que a quantidade de coleta depende de fatores como tamanho da população do setor, volume de geração, distância do setor. Dessa forma, acredita-se que o indicador seria melhor representado ao considerar a quantidade de coletas realizadas em relação às planejadas.

Dois (2) novos indicadores foram propostos para avaliação na rodada 2. Esses indicadores correspondem à dimensão ambiental e social e seguiram para análise na segunda rodada do Método Delphi (Quadro 21).

Quadro 21 - Indicadores incluídos após a Primeira Rodada Delphi

DIMENSÃO	INDICADOR	FÓRMULA DE CÁLCULO
Ambiental	Eficiência temporal da coleta (h/coleta)	Tempo de coleta / número de coletas
Social	Taxa de realização de coletas seletivas no setor	(Coletas realizadas / coletas esperadas) *100

Além das propostas de alteração e inclusão, quatro indicadores foram considerados redundantes quando comparados a outros (Quadro 22). Para avaliar essa redundância, os indicadores foram enviados para a segunda rodada visando a análise e escolha das melhores alternativas pelos especialistas.

Quadro 22 - Comparativo entre os indicadores considerados redundantes

DIMENSÃO	INDICADORES	
Ambiental	Geração per capita de resíduos sólidos (kg/hab./ano)	Quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados anualmente no setor (t/ano)
Econômica	Custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário (R\$/ano)	Custo por tonelada descartada (R\$/t)
	Custo anual do serviço de gerenciamento de resíduos sólidos (R\$/ano)	Despesas com manejo de resíduos sólidos per capita (R\$/hab./ano)
Social	População atendida pela coleta regular de resíduos (%)	Percentual da área do setor atendida pela coleta domiciliar de resíduos (%)

Fonte: Autora (2025)

Da perspectiva dos especialistas, os indicadores “Geração per capita de resíduos sólidos” e “Quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados anualmente no setor” trazem a mesma informação, o que os diferencia é que o primeiro está atrelado à população. A mesma ideia pode ser estendida para os indicadores econômicos “Despesas com gestão de resíduos per capita” e “Custo anual do serviço de gerenciamento de resíduos sólidos”. Foi sugerido que permanecessem os indicadores relacionados à população, por possuírem maior aplicabilidade e capacidade de comparação.

Da mesma forma, os indicadores econômicos “custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário” e o “custo por tonelada descartada” diferem-se pela

unidade de medida, onde um considera as despesas anuais, enquanto o outro, custo por peso. Enquanto os indicadores “População atendida pela coleta regular de resíduos” e “Percentual da área do setor atendida pela coleta domiciliar de resíduos” também versam sobre o mesmo assunto, a abrangência da coleta de resíduos.

Após análise de todas as contribuições inferidas na rodada 1, o Quadro 23 apresenta os indicadores que permaneceram e os que foram incluídos para apreciação pelos especialistas na segunda rodada.

Quadro 23 - Resumo dos indicadores que permaneceram na pesquisa após a Rodada I.

DIMENSÃO	INDICADOR	SITUAÇÃO
AMBIENTAL	1. Geração per capita de resíduos sólidos (kg/hab./dia)	M
	2. Geração de resíduos por composição (frações): orgânicos, papel, plásticos, metais e outros - %	M
	3. Quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados anualmente no setor (t/ano) *	M
	4. Taxa de cobertura da coleta seletiva no setor - %	
	5. Existência de coleta seletiva no setor (qualitativo)	M
	6. Existência de Ponto de Entrega Voluntária de Recicláveis no setor (PEVs) - (qualitativo)	M
	7. Taxa de disposição em aterros (%)	M
	8. Resíduos aterrados per capita (t/hab)	M
	9. Eficiência temporal da coleta – h/coleta	I
ECONÔMICA	10. Custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário (R\$/ano)	M
	11. Custo anual do serviço de gerenciamento de resíduos sólidos (R\$/ano) *	M
	12. Despesas com manejo de resíduos sólidos per capita (R\$/hab./ano)	M
	13. Custo por tonelada descartada (R\$/t) *	M
	14. Percentual da receita arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gerenciamento de RSU por setor (%)	M
SOCIAL	15. População atendida pela coleta regular de resíduos (%)	M
	16. Existência de Catadores de Materiais Recicláveis das Associações e/ou Cooperativas no Setor (Qualitativo)	M
	17. Satisfação da população em relação à coleta de resíduos domiciliares (frequência e horário)*	M
	18. Capacidade de resposta às reclamações dos usuários (%)	A
	19. Realização de Campanhas de conscientização (Qualitativo)	A
	20. Efetividade da coleta de resíduos sólidos urbanos no setor - %	A

(continua)

DIMENSÃO	INDICADOR	SITUAÇÃO
-----------------	------------------	-----------------

SOCIAL	21. Parcela de escolas municipais do setor que implementam programas de conscientização sobre resíduos (%)	M
	22. Percentual da área do setor atendida pela coleta seletiva (%)*	M
	23. Taxa de realização de coletas seletivas no setor (%)	I

*Indicadores considerados redundantes, A – Alterado, I – Incluído, M – Mantido.

Fonte: Autora (2025)

5.2.3 Rodada II – Método Delphi

Na segunda rodada, o questionário foi encaminhado aos especialistas que participaram da primeira rodada. Dos 25 recrutados na primeira etapa, 12 contribuíram com a segunda fase, o que correspondeu a 45% do total de participantes. Embora tenha sido registrada uma taxa de evasão superior a 50%, tal ocorrência é comum em pesquisas que aplicam o Método Delphi, devido ao número de rodadas previstas e ao tempo necessário para análise dos formulários. Apesar disso, a consistência dos resultados não foi comprometida, pois o grupo remanescente manteve um perfil representativo em termos de conhecimento técnico e de convergência das opiniões, preservando o consenso das avaliações.

Nessa rodada, os especialistas avaliaram a relevância e a facilidade de interpretação dos indicadores com base no feedback dos resultados alcançados na primeira rodada. O acesso ao feedback permitiu aos especialistas visualizarem a média das opiniões dos participantes, bem como as alterações realizadas após a primeira rodada. Tais informações viabilizaram a modificação das notas inicialmente atribuídas aos indicadores, a avaliação dos indicadores incluídos e dos que foram considerados redundantes.

Nessa rodada, vinte e três (23) indicadores foram analisados, resultando em 46 sugestões. Os resultados apontaram para a convergência de 15 indicadores, que apresentaram mediana ≥ 4 , taxa de aceitação $\geq 75\%$ e $DQ \leq 0.5$. Uma análise mais aprofundada revelou que o valor médio do grau de concordância entre os participantes atingiu 85% (Tabela 19).

Tabela 19 - Resultado estatístico da segunda rodada Delphi

DIMENSÃO	INDICADOR	Relevância			Facilidade de Interpretação		Resultado do consenso
		Mediana	Σ 4 e 5 %	DQ	Mediana	Σ 4 e 5 %	
AMBIENTAL	Geração per capita de resíduos sólidos (kg/hab./ano)	5	100%	0.4	5	92%	Mantido
	Geração de resíduos por composição (frações): orgânicos, papel, plásticos, metais e outros - %	4.5	92%	0.5	4.5	75%	Mantido
	Quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados anualmente no setor (t/ano)	Excluído por similaridade. 58% dos especialistas optaram pelo indicador “Geração per capita de resíduos sólidos”					Excluído
	Taxa de cobertura da coleta seletiva no setor - %	5	82%	0.5	4	80%	Mantido
	Existência de coleta seletiva no setor (qualitativo)	5	100%	0.5	4	92%	Mantido
	Existência de Ponto de Entrega Voluntária de Recicláveis no setor (PEVs) - (qualitativo)	5	100%	0.5	4.5	83%	Mantido
	Taxa de disposição em aterros (%)	4.5	75%	0.5	4.5	67%	Mantido
	Resíduos aterrados per capita (t/hab)	3.5	50%	1.1	3.5	50%	Excluído por falta de consenso
	Eficiência temporal da coleta (t/h)	3	38%	1	2.5	28%	Inclusão não acatada
ECONÔMICA	Custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário (R\$/ano)	4	82%	0.5	4	82%	Mantido
	Custo anual do serviço de gerenciamento de resíduos sólidos (R\$/ano)	Excluído por similaridade. Especialistas optaram pelo indicador “Custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário”					Excluído
	Despesas com gestão de resíduos per capita (R\$/hab./ano)	5	100%	0	5	91%	Mantido
	Custo por tonelada descartada (R\$/t)	Excluído por similaridade. Especialistas optaram pelo indicador “Custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário”					Excluído

(continua)

DIMENSÃO	INDICADOR	Relevância			Facilidade de Interpretação		Situação
		Mediana	Σ 4 e 5 %	DQ	Mediana	Σ 4 e 5 %	
ECONÔMICA	Percentual da receita arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gerenciamento de RSU por setor (%)	5	100%	0	5	83%	Mantido
	População atendida pela coleta regular de resíduos (%)	5	100%	0.5	5	83%	Mantido
	Existência de Catadores de Materiais Recicláveis das Associações e/ou Cooperativas no Setor (Qualitativo)	5	100%	0.4	5	68%	Mantido
	Satisfação da população em relação à coleta de resíduos domiciliares (frequência e horário)	75% dos especialistas concordaram com a exclusão do indicador					Excluído
SOCIAL	Capacidade de resposta às reclamações dos usuários (%)	4	82%	0	4	48%	Mantido
	Realização de Campanhas de conscientização (Qualitativo)	5	92%	0.5	4	72%	Mantido
	Frequência da coleta de resíduos sólidos urbanos no setor (dias/semana)	5	88%	0.5	4.5	80%	Excluído
	Percentual da área do setor atendida pela coleta domiciliar de resíduos (%)	Excluído por similaridade. Especialistas optaram pelo indicador “População atendida pela coleta regular de resíduos”					Excluído
	Parcela de escolas municipais do setor que implementam programas de conscientização sobre resíduos (%)	4.5	92%	0.5	4	72%	Mantido
	Taxa de realização de coletas seletivas no setor (%)	3	44%	1.25	4	80%	Inclusão não acatada

DQ – Desvio do Quartil; Fonte em vermelho: indicadores excluídos.

Fonte: Autora (2025)

Os indicadores incluídos após a primeira rodada, “eficiência temporal da coleta” e “taxa de realização de coleta seletiva no setor”, não tiveram as suas inclusões acatadas pelos especialistas, apresentando medianas 3, percentual de aceitação inferior a 50% e desvio do quartil (DQ) 1 e 1.25, respectivamente. A recusa do primeiro indicador foi justificada pelo fato que o tempo gasto na coleta não traz uma informação relevante agregada, pois diversos fatores e cenários podem modificar o tempo da coleta.

O indicador ambiental “resíduos aterrados per capita” não foi mantido após a segunda rodada, tanto por falta de consenso (mediana 3,5; frequência 50% e DQ 1.1), como pela sua semelhança com o indicador “taxa de disposição em aterros”, que foi o indicador escolhido por 83,3% dos especialistas. Segundo esses especialistas, a taxa de disposição em aterros quando combinado com outros indicadores como o da coleta seletiva, pode oferecer informações cruciais para definir estratégias de gestão, como a identificação da parcela de resíduos que poderia ser encaminhada para a coleta seletiva, mas que está sendo destinada aos aterros sanitários.

O indicador “Satisfação da população em relação à coleta de resíduos domiciliares” foi um dos mais contestados devido à subjetividade e dificuldade em mensurá-lo. 75% dos especialistas optaram pela sua exclusão, pois acreditaram que por ser uma métrica sujeita ao feedback dos usuários, as informações fornecidas pelo indicador podem ser influenciadas pela insatisfação pontual dos munícipes em relação à prestação de algum serviço específico.

Na mesma perspectiva, o indicador “frequência da coleta de resíduos sólidos urbanos no setor” foi considerado subjetivo em relação ao número de coletas esperadas pela população, o que poderia dificultar a definição do resultado final do indicador. Além disso, a frequência do serviço não necessariamente indica a sua eficiência ou sustentabilidade, visto que, o maior número de coleta implica em custos mais elevados. Por essas razões, o indicador não foi mantido.

Os indicadores considerados semelhantes na primeira rodada foram comparados pelos especialistas na segunda rodada, para avaliarem a pertinência em relação à permanência, exclusão ou escolha entre um deles. Como resultado, o indicador ambiental “quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados anualmente no setor” foi considerado semelhante ao “geração per capita de resíduos sólidos”, sendo este último escolhido por 58% dos avaliadores.

No contexto dos indicadores econômicos, o “custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário (R\$/ano)” foi comparado ao “custo por tonelada descartada

(R\$/t)”, sendo o primeiro escolhido por 41,7% dos avaliadores, resultando na exclusão do segundo. Da mesma forma, os indicadores “custo anual do serviço de gerenciamento de resíduos sólidos (R\$/ano)” foi considerado semelhante à “gestão de resíduos sólidos per capita (R\$/hab.ano), diferenciando-se apenas em relação à população. Assim, optou-se por manter o indicador per capita, uma vez que o custo anual pode ser estimado a partir deste. Quanto aos indicadores sociais "percentual da área do setor atendida pela coleta domiciliar de resíduos” e "população atendida pela coleta regular", os especialistas optaram pelo segundo indicador.

Como produto final das rodadas, 14 indicadores foram mantidos para compor o índice. Esses indicadores encontram-se detalhados no Quadro 24, conforme a dimensão, nomenclatura, fórmula de cálculo e fonte de referência. Destes, 6 pertencem à dimensão ambiental, 3 à econômica e 5 à social.

Quadro 24 - Indicadores selecionados após as rodadas Delphi.

Dimensão	Indicador	Fórmula de Cálculo	Fonte
Ambiental	Geração per capita de resíduos sólidos (kg/hab./ano)	Quantidade anual de resíduos domiciliares gerados/População total do setor	Silva, Prietto e Korf (2019), Bymba e Ishikawa (2017), Santiago e Dias (2012), Pereira, Curi, Curi (2018), SNIS (2020)
Ambiental	Geração de resíduos por composição (frações): orgânicos, papel, plásticos, metais e outros - %	Quantidade de componentes específicos de RSU (vidro, metal, orgânicos, papel, plástico, etc.)/Quantidade total de RSU * 100	Silva, Prietto e Korf (2019), Cailean e Teodosiu (2016)
Ambiental	Taxa de cobertura da coleta seletiva no setor - %	(População atendida pela coleta seletiva porta a porta/População do setor) * 100	Jucá, Barbosa e Sobral (2020), Silva, Prietto e Korf (2019)
Ambiental	Existência de coleta seletiva no setor	Qualitativo	Jucá, Barbosa e Sobral (2020), Santiago e Dias (2012)
Ambiental	Existência de Ponto de Entrega Voluntária de Recicláveis no setor (PEVs)	Qualitativo	Parekh <i>et al.</i> (2014), Pereira e Fernandino (2019)
Ambiental	Taxa de disposição em aterros - %	(Quantidade de resíduos aterrados / Quantidade de resíduos coletados no setor) * 100	Milutinović <i>et al.</i> (2016), Silva, Prietto e Korf (2019)

(continua)

Dimensão	Indicador	Fórmula de Cálculo	Fonte
Econômica	Custo anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário (R\$/ano)	(Valor pago por tonelada) * (quantidade de resíduos aterrados por ano)	Mendes <i>et al.</i> (2013); AlHumid <i>et al.</i> (2019); Lahou, Alsabbagh (2019); Silva, Prietto e Korf (2019)
Econômica	Despesas com gestão de resíduos sólidos per capita (R\$/hab.ano)	Despesas com gestão de RSU no setor/ População total do setor	Mendes <i>et al.</i> (2013); Silva, Prietto e Korf (2019)
Econômica	Percentual da Receita arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gerenciamento de RSU por setor (%)	(Receita arrecadada/ Receita prevista) * 100	Adaptado a partir do SNIS (2020)
Social	População atendida pela coleta regular de resíduos (%)	(População atendida / população total do setor) * 100	Pereira, Curi, Curi (2018), SNIS (2019)
Social	Existência de Catadores de Materiais Recicláveis das Associações e/ou Cooperativas no Setor	Existência ou não de catadores formalizados que realizam a atividade de catação dos recicláveis no setor	Pereira, Curi, Curi (2018)
Social	Capacidade de resposta às reclamações dos usuários (%)	[(Número de reclamações resolvidas dentro do prazo estipulado / Número total de reclamações recebidas) x (Efetividade no atendimento)] * 100	Silva, Prietto e Korf (2019)
Social	Realização de campanhas de conscientização ambiental no setor	Qualitativo	Autores (2025)
Social	Parcela de escolas municipais do setor que implementam programas de conscientização sobre resíduos (%)	(Nº de escolas com programas de conscientização ambiental sobre RSU no setor/Nº total de escolas do setor) * 100	Fuss (2018)

Fonte: Autora (2025)

5.3 Ponderação das dimensões e dos indicadores de gerenciamento de resíduos

Os pesos das dimensões e dos indicadores foram obtidos por meio do Processo Analítico Hierárquico (AHP). Dessa forma, três dimensões de sustentabilidade (ambiental, econômica e social) e 14 indicadores foram ponderados. Para isso, a etapa contou com a participação de 14 especialistas que realizaram a comparação pareada das variáveis e atribuíram pesos utilizando a escala de 9 pontos de Saaty.

Do total de especialistas participantes, 64,3% são do gênero feminino e 35,7% do masculino. O grupo é formado por profissionais das áreas de Engenharia Civil, Engenharia Ambiental e Engenharia Sanitária. Esses profissionais atuam em diversos segmentos do setor público e privado, como instituições de ensino federais, prefeituras municipais, superintendências de meio ambiente, companhias de abastecimento de saneamento (água e esgoto), além de empresas de consultoria.

As matrizes de decisão dos julgamentos dos especialistas para as dimensões de sustentabilidade encontram-se na Tabela 20, bem como as suas razões de consistência (RC). Os resultados indicaram que, das 14 matrizes de julgamento, apenas três não foram adequadas ($RC > 0,1$), que correspondem às avaliações dos especialistas 5, 6 e 8. Portanto, esses julgamentos não foram levados em consideração para o cálculo dos pesos das dimensões.

Tabela 20 - Matrizes de decisão para as dimensões Ambiental (A), Econômica (E) e Social (S)

Especialista 1				Especialista 2			
	A	E	S		A	E	S
A	1.00	1.00	3.00	A	1.00	1/3	1.00
E	1.00	1.00	5.00	E	3.00	1.00	3.00
S	1/3	1/5	1.00	S	1.00	1/3	1.00
RC = 0.03				RC = 0.00			
Especialista 3				Especialista 4			
	A	E	S		A	E	S
A	1.00	1.00	1.00	A	1.00	1.00	1.00
E	1.00	1.00	1.00	E	1.00	1.00	1.00
S	1.00	1.00	1.00	S	1.00	1.00	1.00
RC = 0.00				RC = 0.00			
Especialista 5				Especialista 6			
	A	E	S		A	E	S
A	1.00	9.00	9.00	A	1.00	7.00	7.00
E	1/9	1.00	9.00	E	1/7	1.00	7.00
S	1/9	1/9	1.00	S	1/7	1/7	1.00
RC = 0.95				RC = 0.67			
Especialista 7				Especialista 8			
	A	E	S		A	E	S
A	1.00	1.00	1.00	A	1.00	1.00	3.00
E	1.00	1.00	3.00	E	1.00	1.00	1/5
S	1.00	1/3	1.00	S	1/3	5.00	1.00
RC = 0.04				RC = 0.84			
Especialista 9				Especialista 10			
	A	E	S		A	E	S
A	1.00	5.00	1.00	A	1.00	1.00	1.00

E	1/5	1.00	1/3	E	1.00	1.00	1.00
S	1.00	3.00	1.00	S	1.00	1.00	1.00
RC = 0.03				RC = 0.00			
Especialista 11				Especialista 12			
	A	E	S		A	E	S
A	1.00	3.00	5.00	A	1.00	7.00	5.00
E	1/3	1.00	3.00	E	1/7	1.00	1.00
S	1/5	1/3	1.00	S	1/5	1.00	1.00
RC = 0.05				RC = 0.02			
Especialista 13				Especialista 14			
	A	E	S		A	E	S
A	1.00	1.00	1.00	A	1.00	7.00	5.00
E	1.00	1.00	1.00	E	0.14	1.00	0.33
S	1.00	1.00	1.00	S	0.20	3.00	1.00
RC = 0.00				RC = 0.1			

A - Ambiental; E - Econômica; S – Social. Fonte: Autora (2025).

As matrizes consideradas consistentes ($RC < 0,1$) foram utilizadas para calcular os pesos médios ponderadores de cada matriz de decisão (Tabela 21). Em geral, nota-se uma preferência pela dimensão ambiental em relação às dimensões econômica e social. Além disso, os dados revelam que os especialistas 3, 4, 10 e 13 não manifestaram preferência, considerando todas as dimensões igualmente importantes.

Tabela 21 - Matrizes de decisão normalizadas e peso das dimensões por especialista

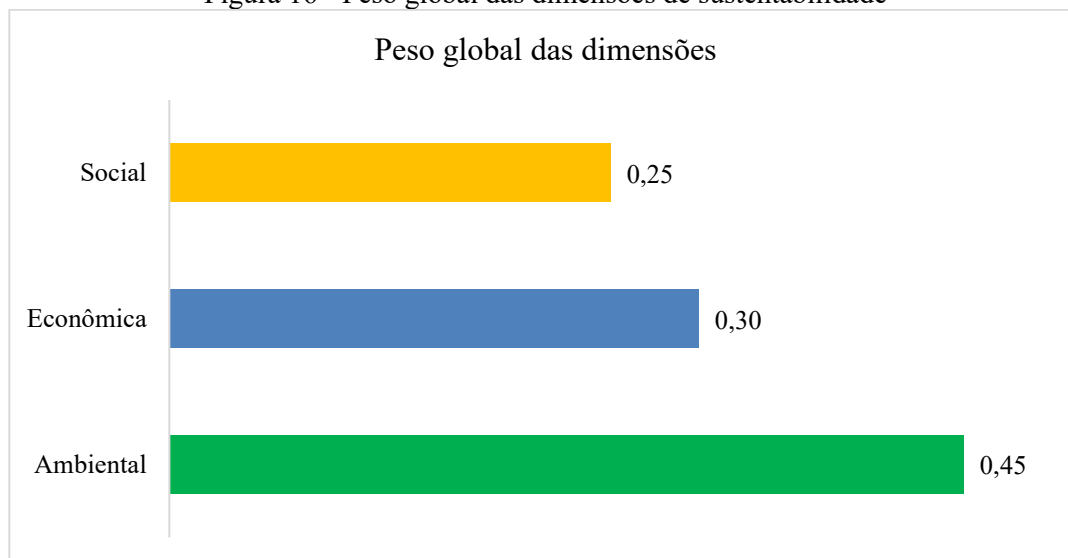
Especialista 1				Especialista 2					
	A	E	S	Peso		A	E	S	Peso
A	0.43	0.45	0.33	0.41	A	0.2	0.20	0.20	0.20
E	0.43	0.45	0.56	0.48	E	0.6	0.60	0.60	0.60
S	0.14	0.09	0.11	0.11	S	0.2	0.20	0.20	0.20
Especialista 3				Especialista 4					
	A	E	S	Peso		A	E	S	Peso
A	0.33	0.33	0.33	0.33	A	0.33	0.33	0.33	0.33
E	0.33	0.33	0.33	0.33	E	0.33	0.33	0.33	0.33
S	0.33	0.33	0.33	0.33	S	0.33	0.33	0.33	0.33
Especialista 7				Especialista 9					
	A	E	S	Peso		A	E	S	Peso
A	0.33	0.45	0.20	0.33	A	0.45	0.56	0.43	0.48
E	0.33	0.45	0.60	0.46	E	0.09	0.11	0.14	0.11
S	0.33	0.09	0.20	0.21	S	0.45	0.33	0.43	0.41
Especialista 10				Especialista 11					
	A	E	S	Peso		A	E	S	Peso
A	0.33	0.33	0.33	0.33	A	0.65	0.69	0.56	0.63
E	0.33	0.33	0.33	0.33	E	0.22	0.23	0.33	0.26

S	0.33	0.33	0.33	0.33	S	0.13	0.08	0.11	0.11
Especialista 12					Especialista 13				
	A	E	S	Peso		A	E	S	Peso
A	0.74	0.78	0.71	0.75	A	0.33	0.33	0.33	0.33
E	0.11	0.11	0.14	0.12	E	0.33	0.33	0.33	0.33
S	0.15	0.11	0.14	0.13	S	0.33	0.33	0.33	0.33
Especialista 14									
	A	E	S	Peso					
A	0.74	0.64	0.79	0.72					
E	0.11	0.09	0.05	0.08					
S	0.15	0.27	0.16	0.19					

Fonte: Autora (2025)

Os pesos finais foram definidos a partir da média geométrica dos pesos médios de cada matriz de decisão. Em relação à priorização das dimensões, os resultados mostraram que a dimensão ambiental foi considerada a mais relevante, com peso global de 0.45; seguida pela dimensão econômica (0.30) (Figura 16). A dimensão social apresentou a menor importância relativa (0.25), indicando que os indicadores dessa dimensão apresentam uma preocupação secundária e menos urgente na análise setorizada, quando comparado aos ambientais e econômicos.

Figura 16 - Peso global das dimensões de sustentabilidade



Fonte: Autora (2025)

Harfadli *et al.* (2025) e Kwatra *et al.* (2021) encontraram resultados semelhantes, onde a dimensão ambiental apresentou o maior peso relativo entre as categorias analisadas. A sustentabilidade de um sistema de gestão de resíduos não se limita apenas

aos aspectos técnicos e operacionais, mas inclui os impactos ambientais, econômicos, sociais, políticos e culturais de cada setor. Portanto, incluir essas dimensões no processo de avaliação da sustentabilidade contribui tanto para a visualização do grau de sustentabilidade alcançado, como para o monitoramento, comparação e identificação de melhorias necessárias no sistema de gestão (Alghamdi; Den Heijer; De Jonge, 2017).

Na Tabela 22 é apresentada a análise de consistência das matrizes de julgamento dos especialistas sobre os indicadores ambientais, econômicos e sociais. Os resultados mostram que os julgamentos dos especialistas 5, 6, 8, 12 e 13 da dimensão ambiental; 3, 6 e 12 da dimensão econômica; 3, 6, 12 e 14 da dimensão social, apresentaram $RC > 0.10$, indicando que os julgamentos foram inconsistentes. Os demais índices de consistências estão dentro do valor aceitável (< 0.10), reforçando a firmeza das comparações e a validade dos julgamentos.

Tabela 22 - Consistência das matrizes de julgamento dos indicadores ambientais, econômicos e sociais

Indicadores	Especialista	$\lambda_{\text{máx}}$	CI	RI	RC	Consistência
Ambientais	1	6.48	0.10	1.24	0.08	C
	2	6.59	0.12	1.24	0.10	C
	3	6.57	0.11	1.24	0.09	C
	4	6.65	0.13	1.24	0.10	C
	5	11.10	1.02	1.24	0.82	I
	6	8.36	0.47	1.24	0.38	I
	7	6.35	0.07	1.24	0.06	C
	8	9.86	0.77	1.24	0.62	I
	9	6.47	0.09	1.24	0.08	C
	10	6.59	0.12	1.24	0.10	C
	11	6.56	0.11	1.24	0.09	C
	12	6.79	0.16	1.24	0.13	I
	13	10.09	0.82	1.24	0.66	I
	14	6.42	0.08	1.24	0.07	C
Econômicos	1	3.00	0.00	0.58	0.00	C
	2	3.00	0.00	0.58	0.00	C
	3	3.55	0.23	0.58	0.48	I
	4	3.00	0.00	0.58	0.00	C
	5	3.06	0.03	0.58	0.05	C
	6	3.25	0.07	0.58	0.12	I
	7	3.00	0.00	0.58	0.00	C
	8	3.04	0.02	0.58	0.03	C
	9	3.00	0.00	0.58	0.00	C
(continua)						
Econômicos	10	3.04	0.02	0.58	0.03	C
	11	3.00	0.00	0.58	0.00	C
	12	3.23	0.12	0.58	0.20	I
	13	3.00	0.00	0.58	0.00	C
	14	3.00	0.00	0.58	0.00	C

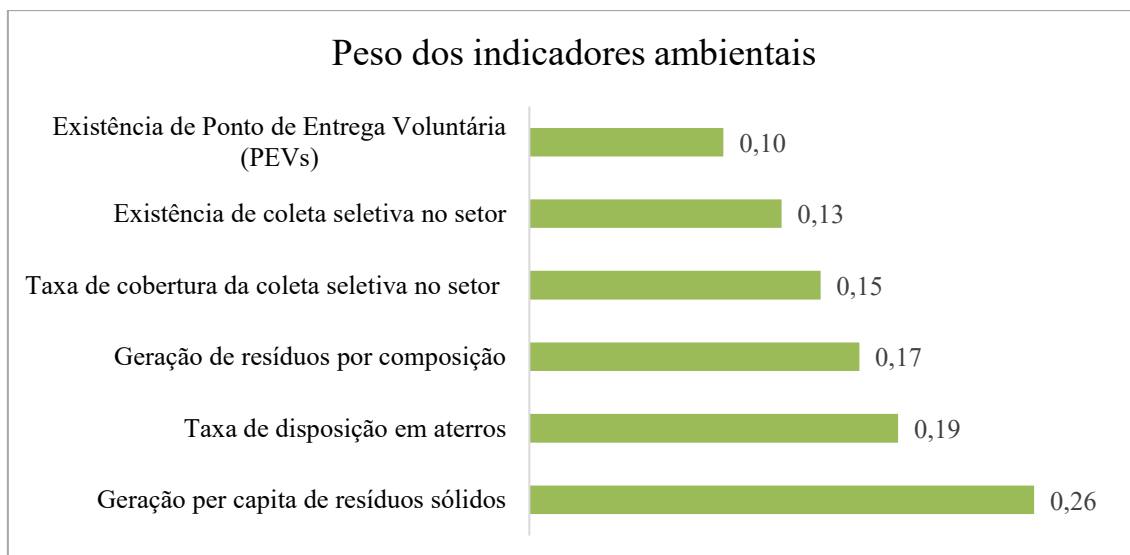
Sociais	1	5.33	0.08	1.12	0.07	C
	2	5.19	0.05	1.12	0.04	C
	3	6.62	0.41	1.12	0.36	I
	4	5.38	0.10	1.12	0.09	C
	5	5.46	0.12	1.12	0.10	C
	6	8.20	0.80	1.12	0.72	I
	7	5.38	0.10	1.12	0.09	C
	8	5.36	0.09	1.12	0.08	C
	9	5.31	0.08	1.12	0.07	C
	10	5.16	0.04	1.12	0.04	C
	11	5.25	0.06	1.12	0.06	C
	12	7.22	0.56	1.12	0.50	I
	13	5.32	0.08	1.12	0.07	C
	14	6.34	0.34	1.12	0.30	I

CI – Índice de Consistência; RI – Índice de consistência aleatória; RC – Razão de Consistência; C – Consistente; I – Inconsistente. Fonte: Autora (2025).

Os julgamentos inconsistentes não foram considerados para o cálculo dos pesos dos indicadores. As inconsistências das avaliações podem ocorrer por diversos motivos, como falta de conhecimento da metodologia AHP e ausência de clareza durante os julgamentos. Esses fatores somados a opiniões subjetivas e preferências na tomada de decisão resultam em análises superestimadas que podem provocar priorizações errôneas (Paul, Ghosh, 2022; Zhang *et al.*, 2023).

Os principais indicadores priorizados na dimensão ambiental foram geração per capita de resíduos sólidos (0.26), taxa de disposição em aterros (0.19) e geração de resíduos por composição (0.15) (Figura 17). A preferência pelos indicadores pode ser explicada pela influência que a quantidade de resíduos produzidos e sua composição têm na GRSU (Awad *et al.*, 2025). Além disso, estudos indicam que a quantificação e caracterização dos resíduos são essenciais para o desenvolvimento de sistemas de gestão eficazes (Adeniran; Nubi; Adelopo, 2017; Pathak *et al.*, 2020).

Figura 17 - Peso dos indicadores ambientais



Fonte: Autora (2025)

O indicador geração per capita de resíduos foi o mais influente na dimensão ambiental. He, Gao e Fei (2023) argumentam que esse indicador é relevante devido à sua capacidade de avaliar o impacto ambiental da geração de resíduos e de contribuir para o planejamento de ações de gerenciamento. Além disso, seus resultados podem apontar os padrões de consumo de uma população e a urgência por políticas de redução na geração e de aproveitamento dos resíduos.

A priorização do indicador taxa de disposição em aterros revela uma preocupação com a quantidade de resíduos aterrada e os impactos ambientais associados. De acordo com Xu *et al.* (2016), os aterros apresentam elevada emissão de gases de efeito estufa (GEE), sendo a terceira maior fonte de emissão antropogênica de metano (Wang *et al.*, 2023). Dessa forma, uma alta taxa de disposição pode revelar baixo reaproveitamento de resíduos, exigindo a necessidade de ações que substituam o descarte em aterros, por opções que reduzam os impactos dessa tecnologia nas mudanças climáticas como a gaseificação (Aracil *et al.*, 2018), reciclagem, compostagem, digestão anaeróbia.

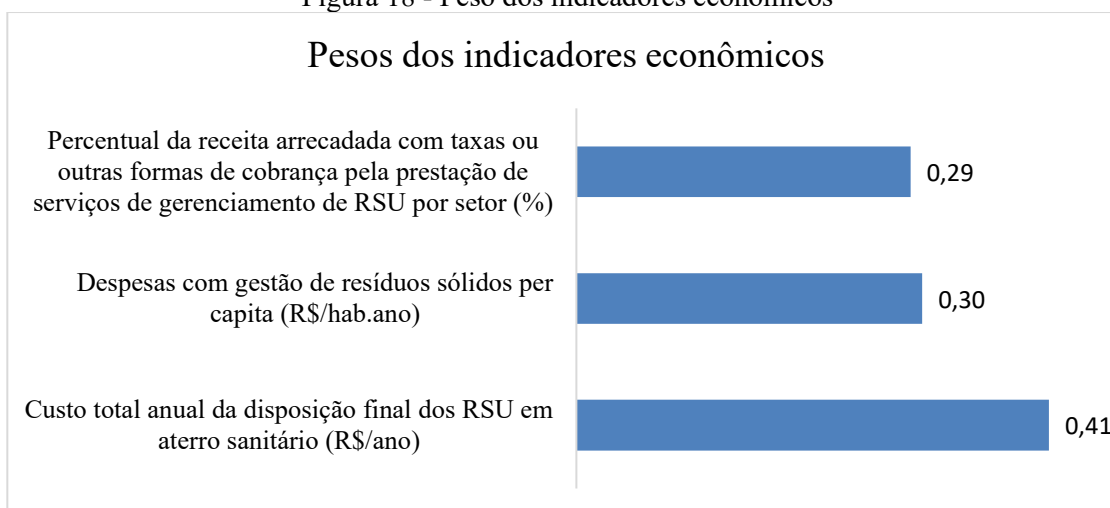
Do mesmo modo, a determinação da composição dos resíduos é necessária, não apenas para compreender os tipos de materiais produzidos por uma comunidade, mas para viabilizar o desenvolvimento de estratégias de recuperação e tratamento. Através dessa direção, ações de destinação adequada que proporcionem condições ambientais, sanitárias e de saúde pública podem ser desenvolvidas para melhorar a qualidade de vida da população (Thapaliya *et al.*, 2024).

Em contrapartida, a existência de ponto de entrega voluntária (PEV) recebeu o menor peso da análise (0.10). Apesar dos PEVs serem importantes nas boas práticas da

economia circular dos resíduos (Rebehy *et al.*, 2023), a sua presença não é uma resposta à efetividade da coleta seletiva, já que depende de fatores como educação ambiental e participação efetiva da população (Paes *et al.*, 2024).

Na avaliação dos indicadores econômicos (Figura 18), o “custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário” mostrou-se mais pertinente pelos especialistas, equivalendo à 41% da ponderação global. Ao passo que, as despesas com gestão de resíduos sólidos per capita e o percentual da receita arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gerenciamento de RSU por setor apresentaram prioridades semelhantes, com pesos de 0.30 e 0.29, nessa ordem.

Figura 18 - Peso dos indicadores econômicos



Fonte: Autora (2025)

A predileção pelo indicador “custos com disposição final em aterro sanitário” pode ter surgido pela preocupação dos especialistas com essas despesas, possivelmente por ser um dos principais gargalos enfrentados pelos municípios brasileiros no que se refere à gestão de resíduos sólidos. Do montante de resíduos gerados mundialmente em 2020, apenas 62% tiveram destinação adequada, sendo que ao menos 30% foram destinados aos aterros sanitários (UNEP, 2024). Países em desenvolvimento ainda são dependentes de aterros sanitários (Galavote *et al.*, 2024; Lohani *et al.*, 2025), o que incorre em altos custos de disposição. Nessa linha cognitiva, os resultados desse indicador podem oferecer um diagnóstico inicial sobre a sustentabilidade financeira do município em relação aos custos com disposição e revelar a urgência por medidas que reconstruam o ciclo de resíduos e valorizem a reciclagem (Bartolacci *et al.*, 2019), a fim de reduzir a dependência pelos aterros sanitários.

A ligeira preferência pelo indicador “despesas com gestão de resíduos sólidos per capita” ao invés do “percentual da receita arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gerenciamento de RSU por setor” pode ter ocorrido tanto pela facilidade de compreensão dos resultados fornecidos pelo indicador, quanto pela capacidade de comparação com outros cenários, como é observado em indicadores relacionados à população. Ao contrário, o indicador “receitas arrecadadas” possui maior abrangência e dificuldade no seu acompanhamento, já que depende de políticas municipais tributárias e da adimplência dos cidadãos, fatores esses que podem ter contribuído para a menor relevância do indicador na dimensão econômica.

Os resultados para a dimensão social mostraram que a população atendida pela coleta regular de resíduos e a existência de catadores de materiais recicláveis das associações e/ou cooperativas no setor foram os indicadores mais bem avaliados, apresentando pesos de 0.31 e 0.23, respectivamente. Enquanto que o indicador “Parcela de escolas municipais do setor que implementam programas de conscientização sobre resíduos” apresentou menor preferência pelos especialistas (0.14) (Figura 19).

Figura 19 - Peso dos indicadores sociais



Fonte: Autora (2025)

O indicador “população atendida pela coleta regular” está diretamente relacionado ao princípio da universalização previsto na Política Nacional de Saneamento Básico, sendo a equidade na prestação desse serviço um fator chave na GRSU, pois impacta diretamente a qualidade de vida e a saúde da população beneficiada (Saiani; Mendonça; Kuwahara, 2020). Cattani *et al.* (2024) destacam a relação existente entre a implantação

de boas práticas de gerenciamento de resíduos e a redução de doenças, comprovando que políticas de gestão bem construídas são eficientes no combate a doenças e na promoção da saúde pública. Tais fatos demonstram que a universalização da coleta deve ser considerada uma prioridade nas políticas desenvolvidas pelo poder público, e o indicador que avalia esse cenário deve ser considerado para a avaliação do progresso e identificação de melhorias.

Em paralelo, a inclusão de catadores na cadeia da reciclagem é um dos objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010). Portanto, garantir a participação dessa classe nos programas de coleta seletiva é indispensável para ampliar as taxas de recuperação da parcela reciclável. Li, Wang e You (2024) declararam que a integração dos desses agentes traz benefícios socioeconômicos e ambientais expressivos, como a redução dos custos econômicos, o aumento das taxas de coleta e a recuperação social.

Como resultado da etapa de hierarquização, a Tabela 23 mostra um compilado das ponderações finais obtidas para as dimensões ambiental, econômica e social, bem como para os indicadores das respectivas dimensões.

Tabela 23 - Ponderações das dimensões e dos indicadores

DIMENSÃO	PESO	INDICADOR	PESO
Ambiental	0.45	Geração per capita de resíduos sólidos (kg/hab./ano)	0.26
		Taxa de disposição em aterros (%)	0.19
		Geração de resíduos por composição (frações): orgânicos, papel, plásticos, metais e outros - %	0.17
		Taxa de cobertura da coleta seletiva no setor - %	0.15
		Existência de coleta seletiva no setor	0.13
		Existência de Ponto de Entrega Voluntária (PEVs)	0.10
Econômica	0.30	Custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário (R\$/ano)	0.41
		Despesas com gestão de resíduos sólidos per capita (R\$/hab.ano)	0.30
		Percentual da receita arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gerenciamento de RSU por setor (%)	0.29
Social	0.25	População atendida pela coleta regular de resíduos (%)	0.31
		Existência de catadores de materiais recicláveis das associações e/ou cooperativas no setor	0.23
			(continua)
DIMENSÃO	PESO	INDICADOR	PESO
Social	0.25	Realização de campanhas de conscientização ambiental no setor	0.16

Capacidade de resposta às reclamações dos usuários (%)	0.16
Parcela de escolas municipais do setor que implementam programas de conscientização sobre resíduos (%)	0.14

Fonte: Autora (2025)

5.4 Índice Setorizado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais – ISGRSM

As etapas de seleção e definição dos pesos das métricas foram cruciais para a construção do ISGRSM. Essa ferramenta é composta por três subíndices que agregam os indicadores, o Índice Ambiental do Gerenciamento de Resíduos Sólidos (IAGRS), Índice Econômico do Gerenciamento de Resíduos Sólidos (IEGRS) e o Índice Social do Gerenciamento de Resíduos Sólidos (ISGRS) (Figura 20).

O IAGRS representa o tema ambiental, sendo constituído por seis (6) indicadores que refletem o impacto da gestão de resíduos sólidos sobre o meio ambiente: geração per capita de resíduos sólidos (I1), taxa de disposição em aterros (I2), geração de resíduos por composição (I3), taxa de cobertura da coleta seletiva no setor (I4), existência de coleta seletiva no setor (I5), existência de Ponto de Entrega Voluntária (PEVs) (I6). Dessa forma, o subíndice ambiental é representado matematicamente pela Equação (25).

$$IAGRS = (I_1 * 0.26) + (I_2 * 0.19) + (I_3 * 0.17) + (I_4 * 0.15) + (I_5 * 0.13) + (I_6 * 0.10) \quad (25)$$

Onde,

IAGRS: Índice ambiental de gerenciamento de resíduos setorizado;

I₁, I₂, I₃, I₄, I₅, I₆: indicadores ambientais.

O IEGRS foi construído a partir do somatório dos indicadores econômicos “custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário” (I₇), “despesas com gestão de resíduos sólidos per capita” (I₈) “percentual da receita arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gerenciamento de RSU por setor” (I₉). O subíndice em questão é retratado pela Equação 26.

$$IEGRS = (I_7 * 0.41) + (I_8 * 0.30) + (I_9 * 0.29) \quad (26)$$

Onde,

IEGRS: Índice econômico de gerenciamento de resíduos setorizado;

I₈, I₉, I₁₀: indicadores econômicos.

O ISGRS é o subíndice que avalia questões sociais relacionadas à gestão de resíduos (Equação 27), sendo formado por cinco (5) indicadores: População atendida pela coleta regular de resíduos (I₁₀), Existência de catadores de materiais recicláveis das associações e/ou cooperativas no setor (I₁₁), Realização de campanhas de conscientização ambiental no setor (I₁₂), Capacidade de resposta às reclamações dos usuários (I₁₃) e Parcela de escolas municipais do setor que implementam programas de conscientização sobre resíduos (I₁₄). Assim, o ISGRS pode ser descrito da seguinte forma:

$$\text{ISGRS} = (I_{10} * 0.31) + (I_{11} * 0.23) + (I_{12} * 0.16) + (I_{13} * 0.16) + (I_{14} * 0.14) \quad (27)$$

Onde,

ISGRS: Índice social de gerenciamento de resíduos setorizado;

I₁₀, I₁₁, I₁₂, I₁₃, I₁₄: indicadores sociais.

Com base na importância relativa de cada eixo temático, foram atribuídos pesos para refletir essa relevância. O IAGRS recebeu um peso de 0.45, a IEGRS um peso de 0.30 e o ISGRS uma importância de 0.25. Assim, o índice global setorizado foi constituído pela agregação de cada subíndice ponderado (Equação 28), representando uma ferramenta capaz de avaliar o grau de desempenho do sistema de gestão de resíduos sólidos setorizado.

$$\text{ISGRSM} = (\text{IAGRS} * 0.45) + (\text{IEGRS} * 0.30) + (\text{ISGRS} * 0.25) \quad (28)$$

Sendo,

ISGRSM: Índice Setorizado da Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais;

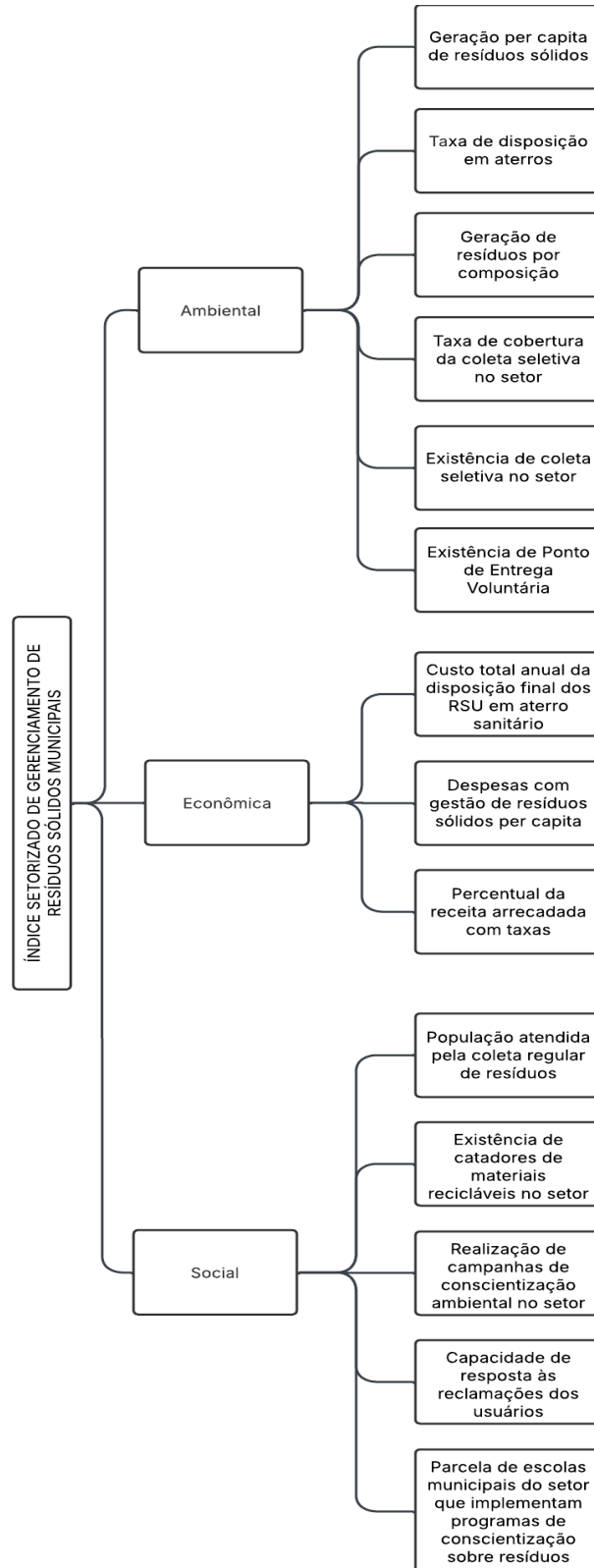
IAGRS: Índice ambiental da GRS;

IEGRS: Índice econômico da GRS;

ISGRS: Índice social da GRS.

$\sum P_d$ – Peso dimensões

Figura 20 - Estrutura do Índice Setorizado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais



Fonte: Autora, 2025.

5.5 Validação do Índice Setorizado da Gestão de Resíduos Sólidos Municipais – ISGRSM

5.5.1 Geração de Resíduos Sólidos e Composição Gravimétrica de João Pessoa-PB

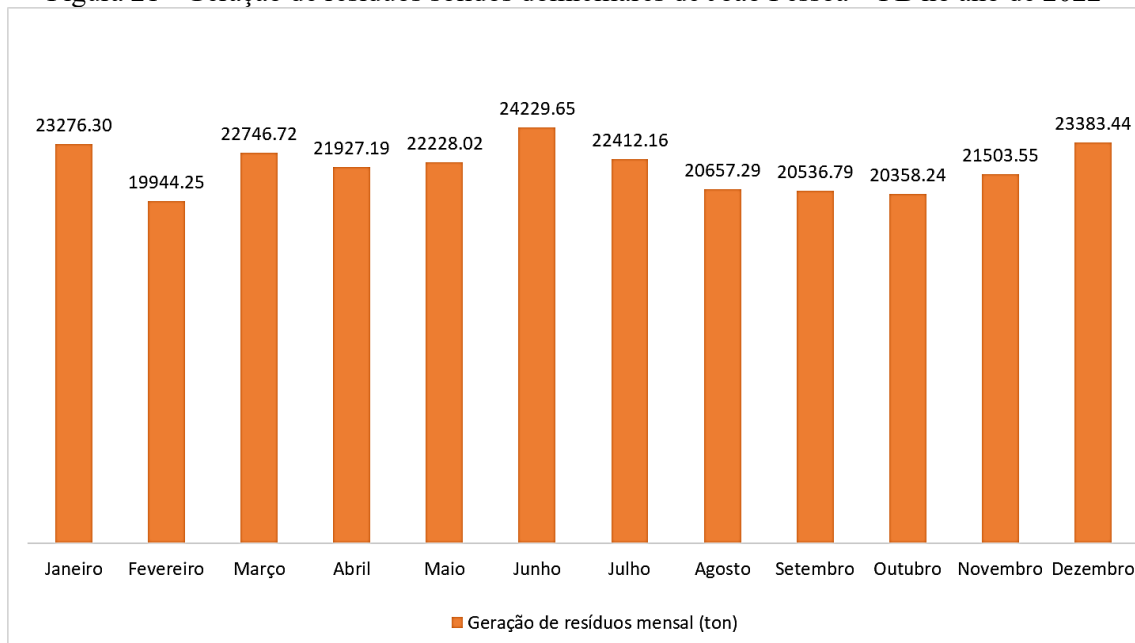
Com base nos relatórios de Resíduos Sólidos Domiciliares (RSD) que chegaram ao aterro sanitário– disponibilizados pela Orizon -, e nos dados sobre o quantitativo de materiais recicláveis comercializado pelos núcleos de coleta seletiva de João Pessoa, foi possível estimar a quantidade de resíduos sólidos produzida na capital. Para garantir uma padronização dos dados e comparações mais precisas, optou-se por utilizar dados do ano 2022, período em que foram realizados o estudo gravimétrico e o censo demográfico do IBGE.

No ano de 2022, João Pessoa possuía uma população de 833.932 habitantes que gerou cerca de 263.203,00 toneladas de RSD. Isso representa uma geração per capita de $0.86 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$. Comparado ao ano de 2021, que registrou 259.541 toneladas de resíduos (SNIS, 2021) e geração per capita de $0.86 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, é possível observar um incremento no volume gerado em 2022. No entanto, a geração per capita se manteve estável, indicando que o aumento na geração de RSD pode ter acompanhado o crescimento demográfico da capital.

Em contrapartida, a geração per capita de resíduos de João Pessoa, para o ano de 2022, ficou abaixo da média regional ($1.12 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e da nacional ($0.98 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) (SNIS, 2023). A taxa também se mostrou inferior à observada em outras capitais com populações semelhantes, como Campo Grande ($0.92 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) (Paim, 2020) e Maceió ($0.97 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) (Silva *et al.*, 2020). Essa diferença na geração pode ser atribuída a fatores que vão além da variável populacional, como PIB per capita, já que João Pessoa apresentou o menor valor entre as capitais. Essa relação converge com outros estudos que constataram uma dependência positiva entre a geração de resíduos e fatores como tamanho da população e crescimento socioeconômico (Paulauskaite-Taraseviciene; Raudonis, Sutiene, 2022; Yasmeeen *et al.*, 2023; Hondroyiannis *et al.*, 2024).

Na Figura 21 é apresentada a geração de resíduos sólidos em João Pessoa ao longo do ano de 2022. É possível perceber uma variação nessa geração durante os meses, com menor registro em fevereiro (19.944,25 t), e picos nos meses de janeiro (23.276,30 t), junho (24.229,65 t) e dezembro (23.383,44 t), sugerindo uma possível influência sazonal.

Figura 21 - Geração de resíduos sólidos domiciliares de João Pessoa – PB no ano de 2022



Fonte: Elaborado pela autora com dados disponibilizados pela Orizon (2022)

Um teste t para amostras independentes foi realizado com o objetivo de avaliar a influência sazonal na geração. Esse teste comparou os valores médios dos meses de maior geração (janeiro, junho e dezembro) com os demais meses. Os resultados apontaram para um valor de $p < 0.01$, representando uma variação estatisticamente significativa, confirmando o efeito da sazonalidade na produção de resíduos durante essas épocas do ano. Nos meses de janeiro e dezembro, por exemplo, esse aumento ocorre devido à alta temporada, que é marcada pelas atividades turísticas e festividades de fim de ano.

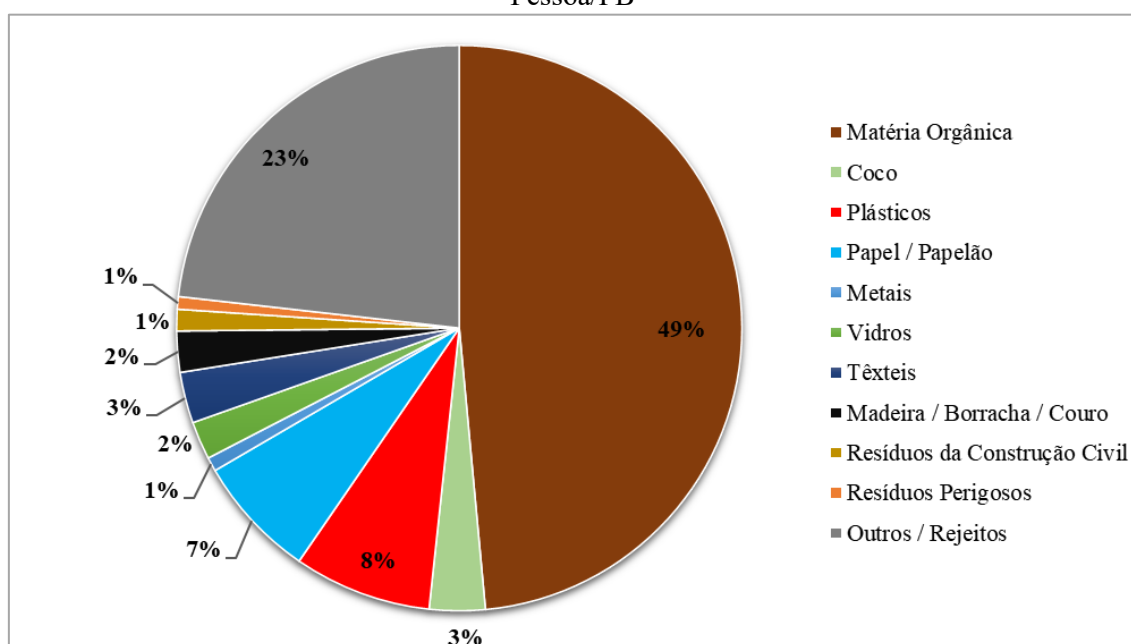
Essas observações são validadas por pesquisas que observaram o impacto do turismo sazonal no incremento da geração de RSU (Arbulú, Rey-Maqueira, Sastre, 2024; Comerio *et al.*, 2022; Yuxi *et al.*, 2023). Tal cenário tem intensificado os desafios da gestão e impactado receitas municipais com custos adicionais de coleta e destinação final (Greco *et al.*, 2018; Caponi, 2022; Yuxi *et al.*, 2023). Associado a isso, ocorre uma variação, tanto na quantidade, como na composição dos resíduos gerados em períodos de sazonalidade (Singhal *et al.*, 2022), tornando a situação ainda mais desafiadora.

Arbulú, Rey-Maqueira e Sastre (2024) analisaram diferentes padrões de geração de resíduos em Ibiza, entre a população local e a turística, onde identificaram diferenças consideráveis, com destaque para uma maior produção de recicláveis por parte dos turistas. Denafas *et al.* (2014) investigaram a interferência da sazonalidade na geração e composição dos resíduos ao longo do ano em quatro cidades da Europa, e concluíram que

cada região apresenta influências específicas nessas variáveis, como clima, agricultura, migração, industrialização. Os resultados desses estudos reiteram a importância de compreender os fatores que influenciam na sazonalidade da geração de resíduos, bem como a composição gravimétrica desses materiais, a fim de embasar estratégias de gestão que se ajustem à sazonalidade e sejam pautadas na economia circular e sustentabilidade local.

Em relação à composição dos resíduos sólidos domiciliares gerados em João Pessoa, foi realizado um estudo gravimétrico entre os meses de agosto e novembro de 2022, para identificar os principais materiais presentes nas frações mássicas. A composição desses resíduos pode ser observada na Figura 22. Infere-se que as principais categorias de resíduos gerados na capital paraibana foram a matéria orgânica (49 %), seguida dos recicláveis (18%), onde destacam-se o plástico (8%) e o papel/papelão (7%), enquanto vidros (2%) e metais (1%) aparecem em menores proporções.

Figura 22 - Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos coletados em João Pessoa/PB



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Os resíduos orgânicos correspondem à principal fração dos resíduos gerados. Essa categoria inclui sobras de alimentos, restos de frutas, vegetais, proteínas, além de resíduos verdes provenientes de jardinagem e poda. Como já citado, apesar do coco enquadrar-se nessa categoria, este foi analisado isoladamente em virtude da elevada geração no município (3%) e ser de degradação mais lenta. Outros estudos identificaram a matéria

orgânica como a parcela predominante da análise, revelando que o desperdício é uma prática em cidades de todo o mundo (Mboowa *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2021; Ramachandra *et al.*, 2018). Além disso, a acentuada presença de orgânicos nos resíduos domiciliares representa um perfil de composição comum em países emergentes, como o Brasil (Zargar *et al.*, 2023). Isso porque, grande parte da população prioriza o preparo das suas refeições em cozinhas domésticas, havendo um desperdício de alimentos (Pereira *et al.*, 2024).

A fração orgânica pode ser utilizada como insumo para a produção de biofertilizantes ou na geração de energia (Hoang *et al.*, 2022). Segundo Lohani *et al.* (2025), a compostagem representa uma alternativa ideal para o tratamento desse resíduo. Além disso, métodos não convencionais como a digestão anaeróbia (Curry *et al.*, 2018), a incineração (Escamilla-García *et al.*, 2020) e a pirólise (Kwon *et al.*, 2019), podem ser empregados. No entanto, para o sucesso de algumas tecnologias, faz-se necessária uma eficiente segregação dos resíduos na fonte, já que a triagem é uma das principais barreiras para o emprego dessas formas de tratamento (Hoang *et al.*, 2022; Ripa *et al.*, 2017). Tal fato ocorre porque, quando a segregação é realizada de forma inadequada, pode apresentar materiais sem qualidade ou com resquícios de outros componentes que pode comprometer a eficiência do processo.

Em contrapartida, os recicláveis somaram apenas 18% da composição gravimétrica, e incluíram materiais como plástico (8%), papel/papelão (7%), vidro (2%) e metal (1%). Esse valor é substancialmente inferior ao encontrado em outros estudos (Menezes *et al.*, 2019; Abylkhani *et al.*, 2021, Souza *et al.*, 2022), e também em gravimetrias anteriormente realizadas no município (Flôres Neto, 2002; Pimentel, 2017; Emlur, 2019). A baixa presença de recicláveis pode ser atribuída à diversas razões, como a ausência de metodologia padronizada, podendo influenciar nos percentuais dos resíduos encontrados; padrões de consumo da população dos setores investigados para compor a gravimetria global (Abylkhani *et al.*, 2020); além da atuação de catadores informais que recolhem parte da fração reciclável (Deswal, Laura, 2022), dificultando registros mais assertivos e influenciando na subestimação desses valores.

O circuito informal de reciclagem, através do recolhimento prévio dos materiais por catadores independentes, pode ter contribuído para a baixa proporção dos recicláveis encontrados na gravimetria de João Pessoa. Pesquisas reforçaram essa ideia ao demonstrarem a contribuição desses agentes na recuperação dos resíduos. Em Salvador – BA, os catadores informais contribuíram para a recuperação de cerca de 5.770 toneladas

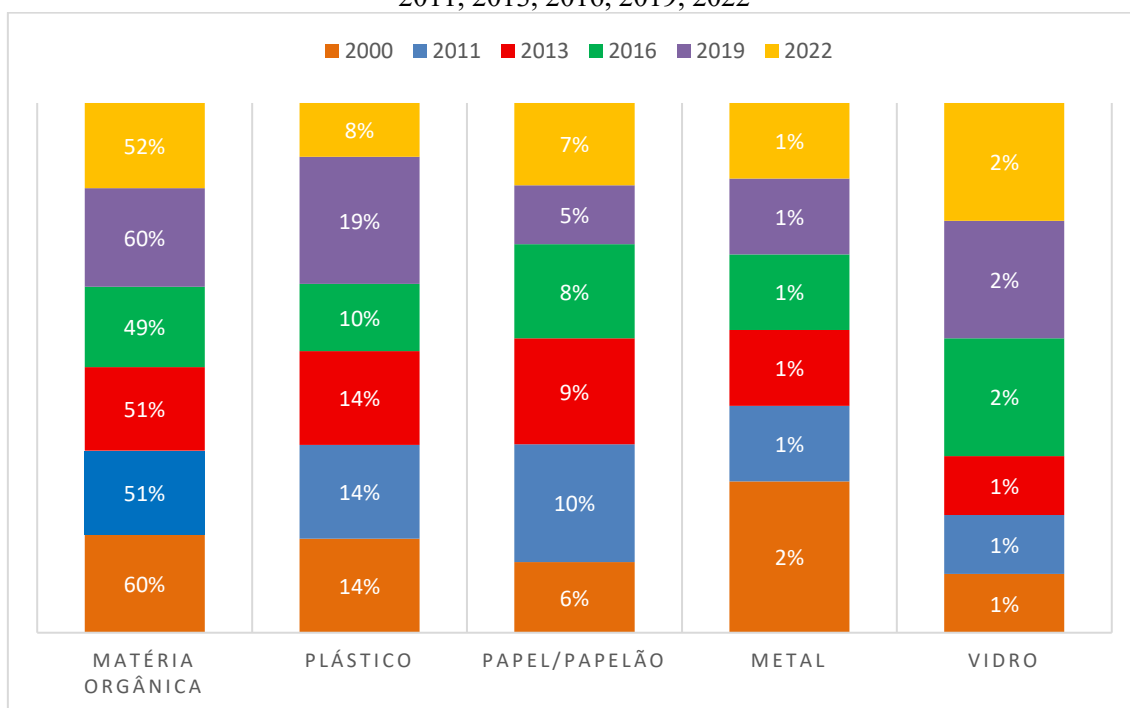
de resíduos em treze anos, com destaque para as embalagens PET (57,5%) e alumínio (27,7%) (Reis-Filho; Gutberlet; Giarrizzo, 2025). De forma similar, em Guayaquil, no Equador, papel/papelão (36%) e plástico (36%) foram os principais materiais recolhidos informalmente. Esses resultados demonstram a importância dos catadores informais na cadeia da reciclagem, no desvio dos resíduos de aterros sanitários e no atendimento a algumas lacunas dos serviços de coleta de resíduos (Gutberlet *et al.*, 2017). Contudo, em estimativas gravimétricas, a seletividade dos materiais de maior valor econômico pode subdimensionar a parcela reciclável e superestimar a fração orgânica e os rejeitos, impactando diretamente na precisão nas análises realizadas.

Em João Pessoa, existem políticas de reciclagem, por meio do programa de coleta seletiva porta a porta, que contempla 20 bairros da capital, além de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) localizados em áreas estratégicas (João Pessoa, 2014). No entanto, apesar dos esforços, as taxas de recuperação persistem em níveis baixos, em 2020, apenas 5,44% do potencial total dos recicláveis foi recuperado, enquanto o remanescente foi destinado ao aterro sanitário sem qualquer aproveitamento (Sá *et al.*, 2023).

Os resíduos perigosos também merecem destaque nessa análise, pois compreenderam 1% da composição gravimétrica. Esse percentual vai de encontro Slack e Letcher (2011), que sugerem que esse grupo representa de 1 a 4% da amostra dos RSU. Todavia, os autores reforçam que a quantidade gerada não é compatível com os riscos que esses resíduos representam ao meio ambiente e à saúde pública. Por essa razão, tais materiais devem receber tratamentos específicos, sendo proibido o seu descarte em aterros sanitários convencionais (Lohani *et al.*, 2025).

Diversas caracterizações de resíduos sólidos foram realizadas em João Pessoa, dentre as quais, a desenvolvida em 2000 por Flôres Neto (2002), pela Emlur nos anos de 2011, 2013 e 2019, por Pimentel (2017) em 2016 e pela autora desta pesquisa (2022). A Figura 23 resume a composição percentual das principais categorias de resíduos sólidos analisadas nas gravimetrias mencionadas.

Figura 23 - Caracterizações dos resíduos sólidos de João Pessoa relativas aos anos de 2000, 2011, 2013, 2016, 2019, 2022



Fonte: Autora (2025).

Com base na Figura 23, é possível observar uma variação na composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares ao longo dos anos, que pode ter influência de condições demográficas, perfis socioeconômicos, hábitos da população ao longo dos anos, como também das diferenças nas metodologias e amostragens realizadas em cada gravimetria.

A matéria orgânica foi a parcela majoritária em todas as gravimetrias. Embora tenha apresentado uma tendência de redução ao longo dos períodos, manteve-se como a principal componente dos resíduos sólidos domiciliares da capital. Esses valores reforçam a necessidade de esforços voltados à redução do desperdício, bem como à implementação de sistemas estruturados e eficientes de tratamento da parcela orgânica, capazes de absorver os volumes gerados.

Em relação aos materiais recicláveis, percebe-se uma predominância do plástico em todas as caracterizações, com redução da sua participação no ano de 2022 para 8% ao comparar com o percentual de 2019 (19%). Essa atenuação pode estar associada ao aumento da presença de catadores independentes (não associados) na capital que, apesar da sua relevância e contribuição para a sustentabilidade da gestão de resíduos (Hidalgo-Crespo *et al.*, 2023), dificulta o rastreamento dos materiais recolhidos e a computação da parcela reciclável efetivamente gerada.

Por outro lado, o metal e o vidro mantiveram uma baixa participação e relativa estabilidade nos períodos analisados. A estabilidade do metal também foi observada por Villalba *et al.* (2020), mas sem motivos aparentes. Contudo, o baixo percentual desse material na composição pode ser explicado pelo seu alto valor de mercado, o que estimula a concorrência pelo material entre catadores formais e independentes. Dentre os metais, as latinhas de alumínio destacam-se como um dos principais materiais coletados (Cempre, 2023).

Enquanto o quantitativo de papel/papelão oscilou ao longo dos períodos analisados, apresentando tendências de redução e aumento. Tal flutuação pode estar associada à dinâmica do mercado de reciclagem desses materiais, que é impulsionada pela oferta e demanda de matéria-prima, especialmente nos últimos anos, onde o mercado do papelão apresentou queda nos preços de venda (ABREMA, 2024), resultando em um desinteresse pelo material e conseqüente aumento da sua presença na composição dos RSU.

5.5.2 Geração e composição gravimétrica dos resíduos sólidos gerados nos setores

Os dados de geração de resíduos sólidos dos setores foram obtidos através dos relatórios do Aterro Sanitário e dos recicláveis comercializados pelas associações no ano de 2022. Para estimar a contribuição da parcela reciclável de cada bairro que participa da coleta seletiva, foi calculada a proporção entre domicílios atendidos em relação ao número total de domicílios contemplados pelo programa em cada núcleo de coleta, multiplicada pelo total comercializado pelo respectivo núcleo. Esse cálculo foi necessário para somar ao peso encaminhado ao aterro sanitário e obter a geração total de resíduos domiciliares de cada setor. A Tabela 25 mostra essa estimativa.

Tabela 24 - Estimativa dos resíduos sólidos recicláveis produzidos em cada bairro e comercializado pelos núcleos de reciclagem no ano de 2022

Núcleo	Bairros	Total comercializado pelo núcleo (t)	Domicílios atendidos (unid.) – 2017	Estimativa dos resíduos comercializados por bairro (t)
Treze de Maio	Bairro dos Estados	233.76	2240	64.69
	Bairro dos Ipês		1100	31.77
	Torre		2220	64.12
	Treze de Maio		2534	73.18
Cabo Branco	Altiplano	410.74	1059	43.61
	Cabo Branco		2919	120.20
	Miramar		2581	106.28

(continua)

Núcleo	Bairros	Total comercializado pelo núcleo (t)	Domicílios atendidos (unid.) – 2017	Estimativa dos resíduos comercializados por bairro (t)
Cabo Branco	Tambaú		3416	140.66
Bessa	Aeroclube	530.32	2911	77.58
	Bessa		4028	107.35
	Jardim Oceania		4959	132.17
	Manáira		8000	213.22
Mangabeira	Mangabeira	125.22	5.459	125.22
Jardim Cidade Universitária	Anatólia	225.40	1978	39.63
	Bancários		3021	60.52
	Jardim Cidade Universitária		6252	125.25

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados de Pimentel (2017) e Emlur (2022).

A Tabela 26 apresenta a estimativa da geração total de resíduos sólidos domiciliares gerados em cada setor investigado, calculada a partir do somatório dos resíduos destinados ao aterro sanitário e da parcela reciclável recuperada, determinada a partir do quantitativo comercializado pelos núcleos de reciclagem de João Pessoa.

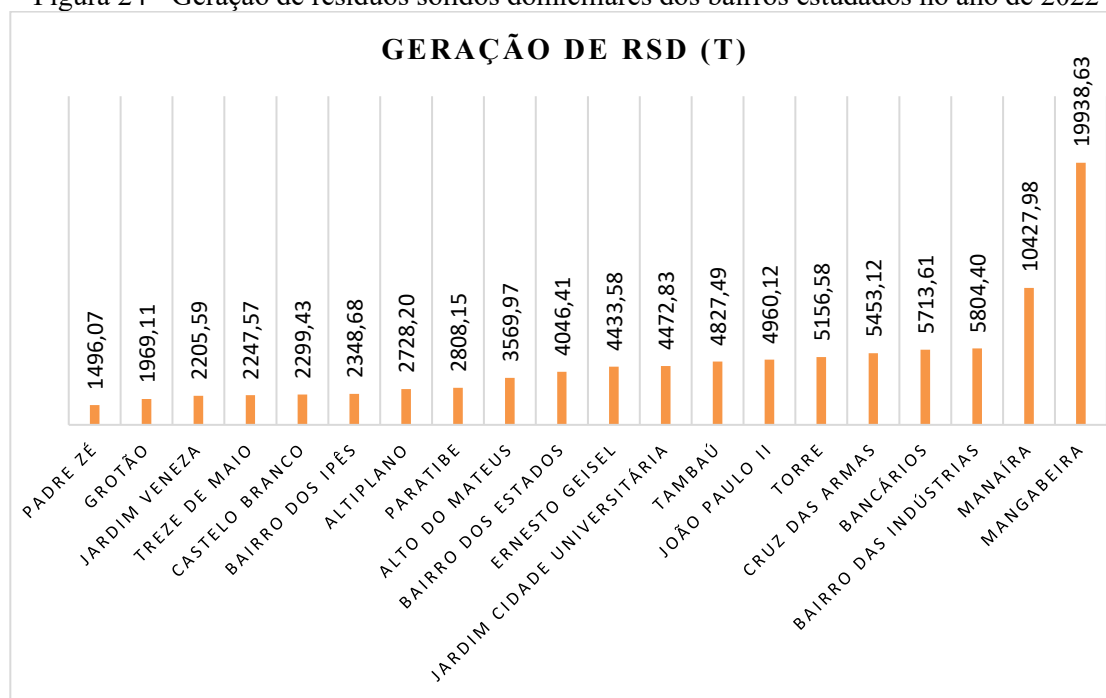
Tabela 25 - Estimativa dos resíduos sólidos domiciliares gerados nos bairros no ano de 2022

Setor	Resíduos destinados ao Aterro Sanitário (t)	Parcela reciclável (t)	Total gerado (t)
Altiplano	2684.59	43.61	2728.20
Alto do Mateus	3569.97	0.00	3569.97
Bairro das Indústrias	5804.4	0.00	5804.40
Bairro dos Estados	3981.72	64.69	4046.41
Bairro dos Ipês	2316.91	31.77	2348.68
Bancários	5653.091	60.52	5713.61
Castelo Branco	2299.43	0.00	2299.43
Cruz das Armas	5453.12	0.00	5453.12
Ernesto Geisel	4433.58	0.00	4433.58
Grotão	1969.11	0.00	1969.11
Jardim Cidade Universitária	4347.58	125.25	4472.83
Jardim Veneza	2205.59	0.00	2205.59
João Paulo II	4960.12	0.00	4960.12
Manáira	10214.76	213.22	10427.98
Mangabeira	19813.41	125.22	19938.63
Padre Zé	1496.07	0.00	1496.07
Paratibe	2808.15	0.00	2808.15
Tambaú	4686.83	140.66	4827.49
Torre	5092.46	64.12	5156.58
Treze de maio	2174.39	73.18	2247.57

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados da Orizon (2022) e Emlur (2022).

Dos bairros estudados, Mangabeira (19.938,63 t) e Manaíra (10.427,98 t) apresentaram a maior geração de RSD (Figura 24). Esses bairros, além de populosos, são importantes setores comerciais, onde a presença de lojas, restaurantes e empreendimentos de diversos segmentos atraem um fluxo considerável de pessoas que contribui para o aumento na geração de resíduos.

Figura 24 - Geração de resíduos sólidos domiciliares dos bairros estudados no ano de 2022



Fonte: Elaborado pela autora com dados da Orizon (2022)

Em contrapartida, os bairros Padre Zé (1.496,07 t) e Grotão (1.969,11) registraram a menor geração de resíduos. Uma possível explicação está no fato de serem áreas menos populosas, onde Padre Zé contava com 5.988 habitantes e Grotão com 4.776 (IBGE, 2022). Além disso, outros vieses podem ter influenciado esses resultados, como os hábitos da população, desenvolvimento econômico (Torrente-Velásquez *et al.*, 2021) e renda per capita (Shapiro-Bengtson *et al.*, 2020), já que se trata de bairros classe E, com menor poder aquisitivo.

Outras pesquisas corroboram com esses resultados, como Liu, Zhang, Wang (2021), ao constatarem que a geração de resíduos está intimamente relacionada à renda, ao consumo per capita, ao número de domicílios de uma área, a densidade populacional, a área viária urbana e ao número de veículos de transporte público. De modo complementar, Cheng *et al.* (2020) destacaram o aumento populacional e a urbanização como variáveis fomentadoras da geração de RSU.

Além da quantidade gerada, a composição dos resíduos também pode variar de acordo com a localidade, renda da população, aspectos culturais da comunidade e hábitos de consumo (Zargar *et al.*, 2023; Du *et al.*, 2021; Shi *et al.*, 2021). Por essa razão, foram traçados gráficos da composição gravimétrica dos RSD dos setores, estratificados de acordo com as classes socioeconômicas (A, B, C, D e E) adotadas nesta pesquisa.

Para analisar a influência da renda domiciliar na composição dos resíduos, foi realizado um teste estatístico. Inicialmente, para identificar se os dados da fração orgânica e reciclável dos 20 setores inseridos nas classes socioeconômicas (A, B, C, D, E) seguiam uma distribuição normal, foi realizado o teste de normalidade Shapiro-Wilk, que calcula amostras $2 < n < 50$ (Silva *et al.*, 2024). O resultado do teste mostrou que, a nível de significância de 5%, o p-valor encontrado para as categorias de ambas as frações foi superior à 0.05 (Tabela 27), indicando uma distribuição normal dos dados e a possibilidade de utilizar testes paramétricos para as análises, como a regressão linear.

Tabela 26 - Estatística descritiva dos dados e teste de normalidade Shapiro-Wilk

Categoria	Classe	Média ± DP	Mediana	Mínimo	Máximo	p – Valor
Resíduo orgânico	A	44,38 ± 0,87	44,08	43,05	46,02	0,66
	B	48,44 ± 2,29	49,35	41,56	55,51	0,90
	C	50,83 ± 3,23	52,91	41,77	55,74	0,25
	D	54,85 ± 1,67	54,67	49,12	59,22	0,71
	E	46,69 ± 2,70	44,44	43,56	52,07	0,18
Resíduo reciclável	A	21,75 ± 0,65	21,47	20,80	22,99	0,58
	B	16,83 ± 2,48	17,71	9,95	24,24	0,94
	C	17,37 ± 2,22	16,72	12,52	23,28	0,65
	D	13,24 ± 1,58	14,68	7,29	16,32	0,18
	E	16,32 ± 0,54	15,83	15,73	17,39	0,10

Fonte: Autora (2025).

A regressão linear simples, a nível de 5% de significância, foi utilizada para investigar a existência e a intensidade da influência do poder socioeconômico da população na geração de resíduos orgânicos e recicláveis. Nesse modelo, a renda foi considerada a variável independente, enquanto a fração orgânica e a reciclável, dependentes. Como resultado, é possível observar que ambas as variáveis apresentaram p-valor < 0.05 , demonstrando uma relação estatisticamente significativa e confirmando a renda como variável preditora da geração desses resíduos (Tabela 28).

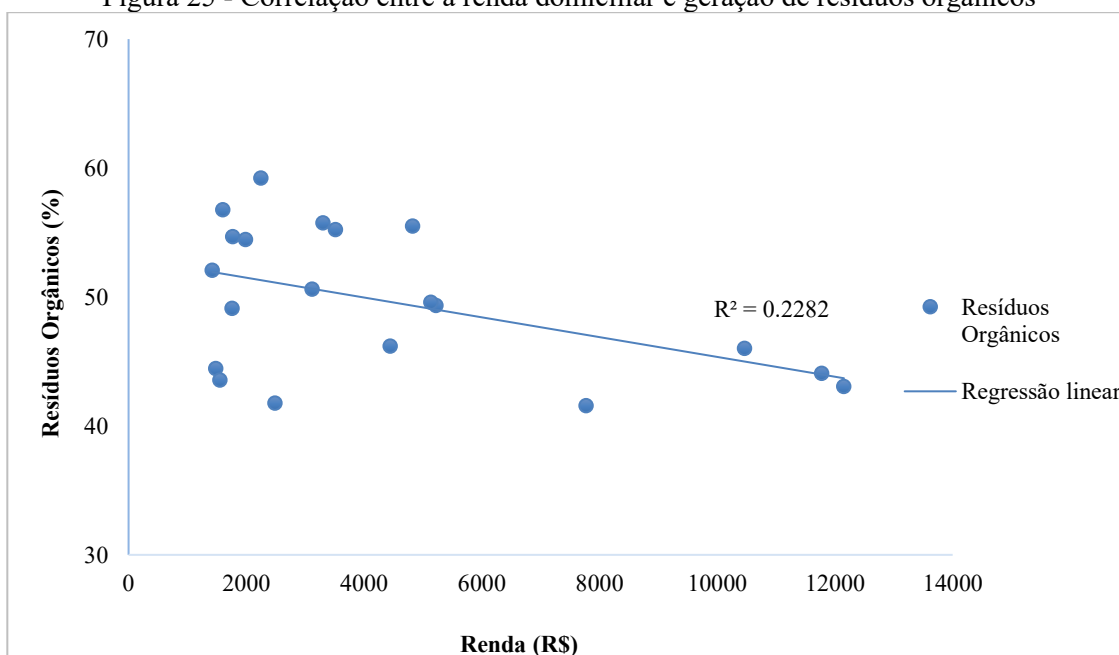
Tabela 27 - Correlação de Pearson e modelo da regressão linear dos parâmetros resíduo orgânico e reciclável em relação à renda

Variável	R	R ²	R ² ajustado	P-valor
Resíduo orgânico	- 0,478	0,228	0,185	0,033
Resíduo reciclável	0,448	0,201	0,156	0,048

a – variável preditora: renda

Ao analisar a correlação entre as variáveis (R), percebe-se uma relação negativa e moderada entre renda e resíduos biodegradáveis ($R = - 0,478$), indicando que, à medida que o poder socioeconômico aumenta, a proporção de orgânicos na composição dos resíduos tende a diminuir (Figura 25). A correlação moderada sugere que a renda não é o único preditor da geração de orgânicos e que outros fatores podem exercer influência, como o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) (Alzamora *et al.*, 2022), a população domiciliar (Chen, 2018), o nível de educação, e até a faixa etária da população (Ghinea *et al.*, 2016). Populações com acesso à saúde, educação e melhores condições de vida apresentam perfis de consumo diferenciados, refletindo no volume e tipo de resíduos gerados (Páramo-Telle, Vence, 2025). Somado a isso, a idade da população pode auxiliar nessa distinção, já que estudos apontam que indivíduos adultos, com idade entre 15 e 59 anos, influenciam consideravelmente na produção de resíduos orgânicos (Ghinea *et al.*, 2016).

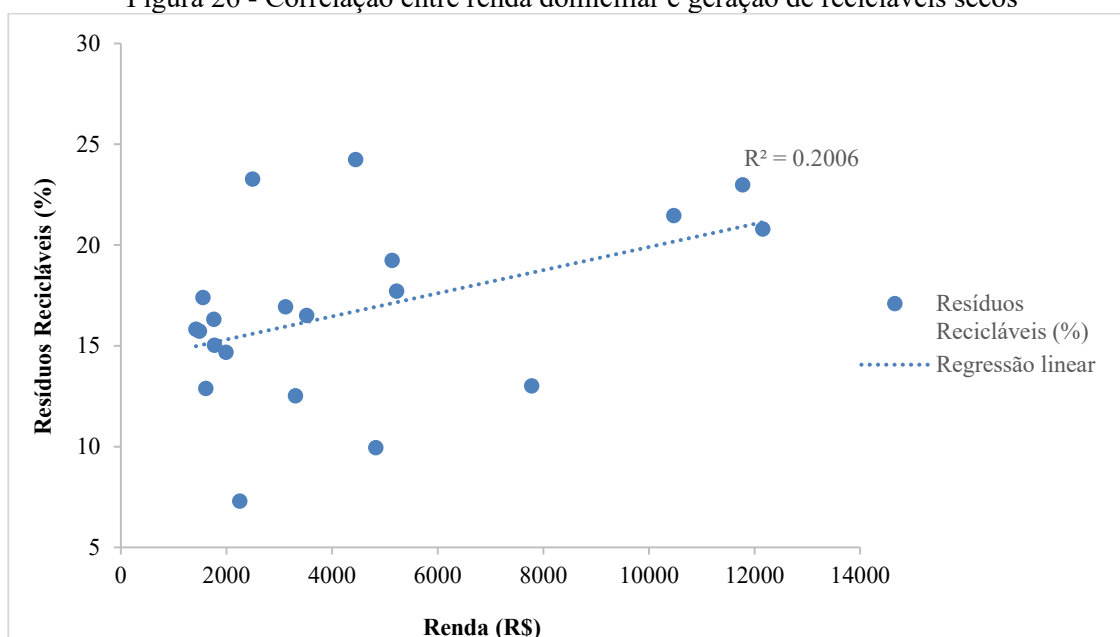
Figura 25 - Correlação entre a renda domiciliar e geração de resíduos orgânicos



Fonte: Autora (2025)

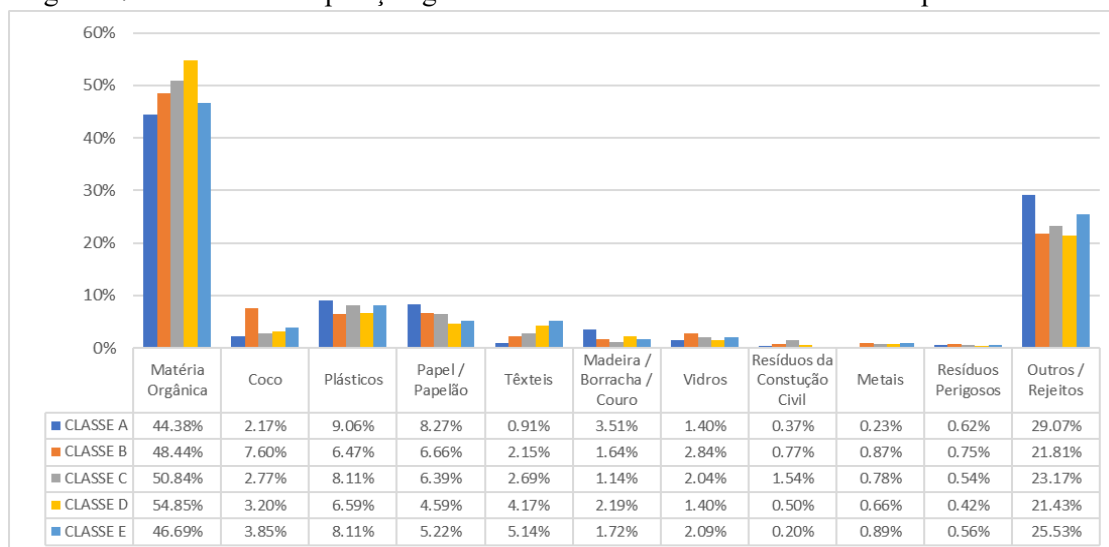
Ao contrário do resultado encontrado para os resíduos orgânicos, a parcela reciclável apresentou uma correlação positiva e moderada, com valor igual a 0,448. Nesse cenário, os dados apresentam um comportamento diretamente proporcional, indicando que, quanto maior for a renda, maior será a geração de recicláveis (Figura 26). Putri e Muda (2023) ao investigarem a geração de resíduos de famílias de alta, média e baixa renda, confirmaram que famílias com maior poder aquisitivo geram mais resíduos, inclusive recicláveis. Esse padrão é comum nesses grupos, devido ao consumo mais intenso de produtos descartáveis, gerando maior quantidade de recicláveis secos (Agbebaku *et al.*, 2022).

Figura 26 - Correlação entre renda domiciliar e geração de recicláveis secos



Na Figura 27 é mostrado o resumo da composição gravimétrica média dos RSD correspondente à cada classe socioeconômica de João Pessoa. Ao comparar a composição dos resíduos dos estratos sociais, é possível observar divergências entre elas. A fração orgânica é a mais significativa em todas as classes, com percentuais entre 44,38% (classe A) e 54,85% (classe D); seguida dos rejeitos, que representam entre 21,43% (classe D) e 29,07% (classe A) da composição; e da parcela reciclável, que oscilou entre 13,24% (classe D) e 18,96% (classe A).

Figura 27 - Média da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos por classe social



Fonte: Dados da pesquisa (2025)

Embora a fração orgânica contribua com a maior parcela da composição dos resíduos domésticos, ela se manifesta de forma mais expressiva em classes com menor poder aquisitivo, como a D. De acordo com os testes estatísticos discutidos anteriormente, há uma relação inversa entre renda e a geração de orgânicos, ocorrendo uma redução desse material à medida que a economia prospera, conforme constatado ao comparar as composições gravimétricas dos setores classe A (44,38%) e D (54,85%).

Essa diferença pode ter uma relação com os padrões de consumo dessas classes, já que indivíduos com menor poder socioeconômico tendem a consumir alimentos menos industrializados. Trang *et al.* (2017) e Khadka *et al.* (2021) atrelam essas diferenças ao fato de as famílias mais abonadas, geralmente, realizarem suas refeições em restaurantes, enquanto famílias com menor poder aquisitivo, tendem a preparar as refeições na própria residência, resultando em um aumento na geração de orgânicos.

Por sua vez, os recicláveis apresentaram uma tendência positiva em relação ao aumento do poder socioeconômico, constatando-se que as classes com maior poder aquisitivo, como a classe A, apresentam uma maior fração desses materiais na sua composição. Ao confrontar os resultados das classes sociais A e D, percebe-se uma diferença percentual de 5,73% na composição, com a classe A registrando 18,97% e a classe D, 13,24%.

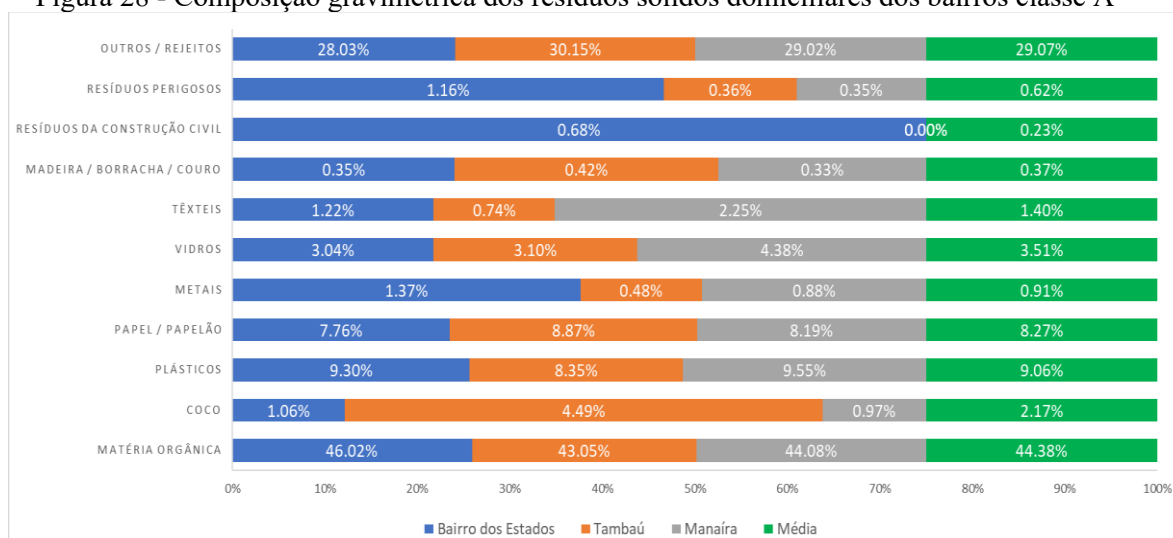
Os resultados encontrados corroboram com pesquisas que relacionam composição dos resíduos e renda, apontando que populações com menor poder aquisitivo contribuem com maior geração de orgânicos, enquanto populações de alta renda, com recicláveis

secos (Massoud, Mokbel, 2022; Adeleke *et al.*, 2021; Shi *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2024). Tais evidências, reforçam a importância do desenvolvimento de estratégias de gerenciamento diferenciadas, que leve em consideração as potencialidades de cada setor. Nos bairros classe A e B, a elevada geração de recicláveis favorece a implantação de sistemas de coleta seletiva e logística reversa, enquanto as classes D e E, revelam uma aptidão para o desenvolvimento de práticas de compostagem, com foco no aproveitamento da parcela orgânica; bem como a inclusão de ações de educação ambiental que tenham como objetivo a redução do desperdício e a mudança nos padrões de descarte.

Apesar do potencial de reciclagem observado para João Pessoa, a infraestrutura ainda é precária. A coleta seletiva atende menos de 40% dos bairros, com baixos índices de recuperação e ausência de cumprimento do PGRS-JP (2014) e da PNRS direcionadas ao aproveitamento da fração orgânica. Segundo Al-Khatib *et al.* (2023), esses gargalos decorrem de uma combinação de fatores, como distância entre as residências e os núcleos de coleta seletiva, baixa valorização econômica dos materiais, instabilidade do mercado e fragilidades institucionais resultantes da baixa priorização das políticas de reciclagem.

Em relação à composição gravimétrica dos resíduos domiciliares de cada grupo social, é possível visualizar, através da Figura 28, os perfis encontrados para os bairros pertencentes à Classe A (Tabelas 15 e 16). Esse grupo inclui os bairros Manaíra, Tambaú e Bairro dos Estados, que possuíam rendas domiciliares de R\$ 11.774,39, R\$ 12.152,64 e R\$ 10.466,28, respectivamente (Pimentel, 2017).

Figura 28 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos domiciliares dos bairros classe A



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

A composição gravimétrica dos bairros classe A revelou características semelhantes entre si, com fração orgânica média de 44,38% e reciclável de 21,75%. Essas composições são comuns em setores com elevado poder aquisitivo, e podem ser explicadas não só pela renda, mas também pelo estilo de vida e nível de educação desses indivíduos, que contribuem para uma geração de resíduos com maior incidência de recicláveis secos e menor presença de matéria orgânica (Al-Khatib *et al.*, 2023; Elamin *et al.*, 2022). Esses resultados são consistentes com achados de outros autores sobre o incremento da parcela reciclável na composição dos resíduos à medida que um local evolui economicamente (Nguyen *et al.*, 2020).

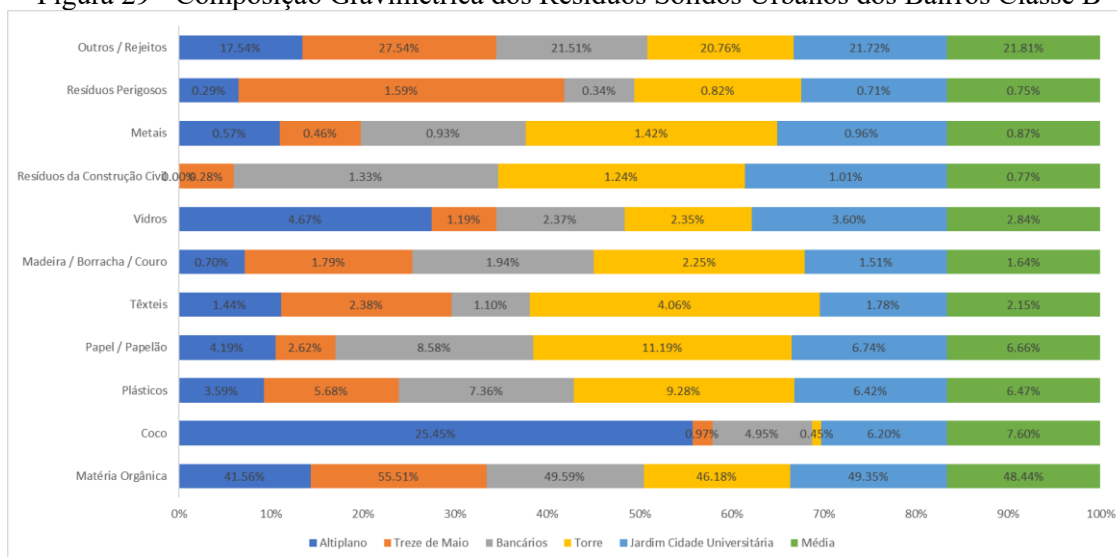
Em relação aos recicláveis, houve predominância do plástico e do papel/papelão, com porcentagens médias de 9,06% e 8,27%, nessa ordem. Enquanto os metais representaram 0,91%, especulando-se que esses valores poderiam ter sido superiores se não houvesse catadores independentes recolhendo esses materiais, especialmente as latas de alumínio.

Entre os bairros classe A, Tambaú apresentou o maior percentual de coco, correspondendo a 4,49%. Esse valor era esperado, já que o bairro está localizado em uma área litorânea da capital e é influenciada pela atividade turística.

Cinco (5) bairros enquadraram-se na Classe B: Altiplano, Treze de maio, Bancários, Torre e Jardim Cidade Universitária (Tabelas 15 e 16). A composição gravimétrica dos RSU desses bairros pode ser visualizada na Figura 29. Com a redução da faixa de renda, é possível perceber um incremento da fração orgânica e uma redução da reciclável. Os orgânicos passaram de 44,39% na classe A, para 48,09% na classe B, representando um aumento de 3,7%; enquanto a parcela reciclável decaiu quase 4% quando comparado à classe A.

Uma ênfase deve ser dada à gravimetria do bairro Altiplano, a qual se assemelha a dos setores classe A, com matéria orgânica representando 41,56% dos resíduos gerados. Isso ocorre porque o setor apresenta características urbanas e sociais peculiares, como a verticalização, população elitizada e infraestrutura disponível, as quais repercutem nos padrões de geração e composição dos resíduos diferenciados dos bairros da mesma classe, mas que possuem populações mais heterogêneas, a exemplo do Jardim Cidade Universitária e Bancários.

Figura 29 - Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos dos Bairros Classe B



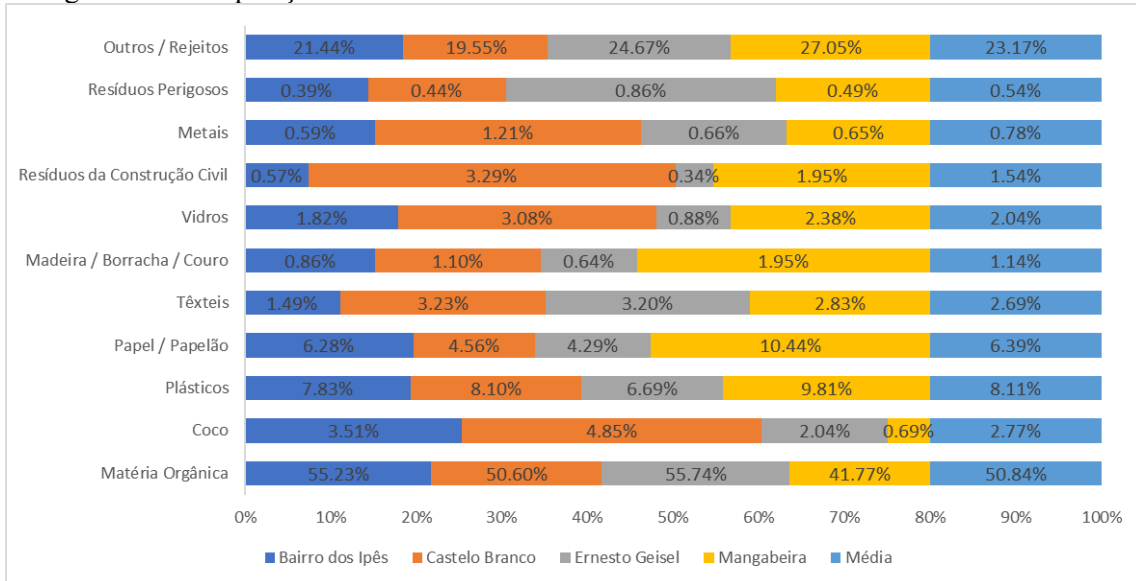
Fonte: Dados da pesquisa (2022)

No bairro Torre, foi identificada a maior proporção de recicláveis desse estrato socioeconômico, correspondendo a 24,24%. Dentre os materiais, o papel/papelão (11,19%) e o plástico (9,28%) foram os mais expressivos. Apesar da predominância de residências nesse setor, há uma presença considerável de estabelecimentos comerciais e de serviços que ajudam a explicar esses valores.

Uma categoria que se destacou nessa classe foi a do coco. O Altiplano apresentou a maior proporção desse resíduo, alcançando 25,45% do total analisado, superando até mesmo bairros beira-mar, como Bessa, Manaíra e Tambaú. Em conversa com a equipe da Emlur, acredita-se que uma das razões para esse resultado é o descarte irregular desse resíduo em terrenos baldios, especialmente porque o bairro está localizado na divisa com o bairro Cabo Branco.

Bairro dos Ipês, Castelo Branco, Ernesto Geisel e Mangabeira são bairros pertencentes à classe socioeconômica C (Tabelas 15 e 16). A média de resíduos orgânicos nessa classe foi de 51,10%, com Ernesto Geisel se sobressaindo com 55,74%. Em relação à parcela reciclável, a média foi de 16,26%, com destaque para Mangabeira que registrou o maior percentual entre os bairros da categoria, 23,28%. Essa contribuição está relacionada ao fato de Mangabeira ser um bairro com intensa atividade comercial, que impacta na geração de recicláveis secos, sobretudo do papel/papelão (10,44%) e do plástico (9,81%) (Figura 30).

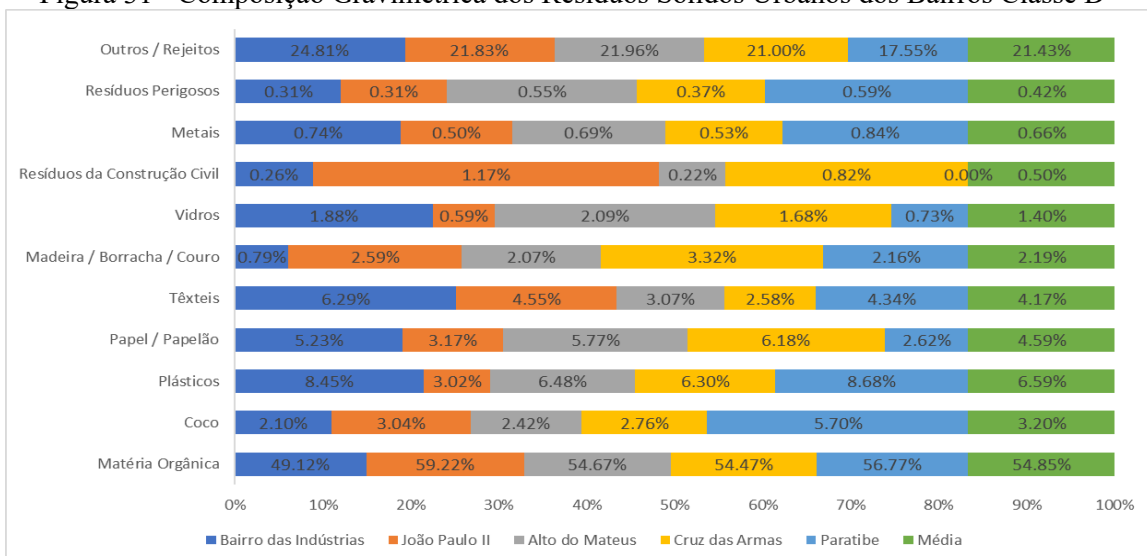
Figura 30 - Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos dos Bairros Classe C



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

A gravimetria dos bairros Classe D encontra-se na Figura 31. Para essa classe é considerada uma faixa de renda variando entre dois e cinco salários mínimos, enquadrando-se os bairros Paratibe, Bairro das Indústrias, João Paulo II, Alto do Mateus e Cruz das Armas (Tabelas 16). A média de resíduos sólidos orgânicos desse grupo foi de 54,85%, superando o valor médio de todas as classes analisadas. Por outro lado, o registro de recicláveis foi baixo, representando apenas 13,24%. Essa pequena contribuição reflete a relação existente entre poder aquisitivo e geração de resíduos, já que população com maior poder de compra tende a produzir resíduos com características e quantidades distintas (Ogwueleka, 2013).

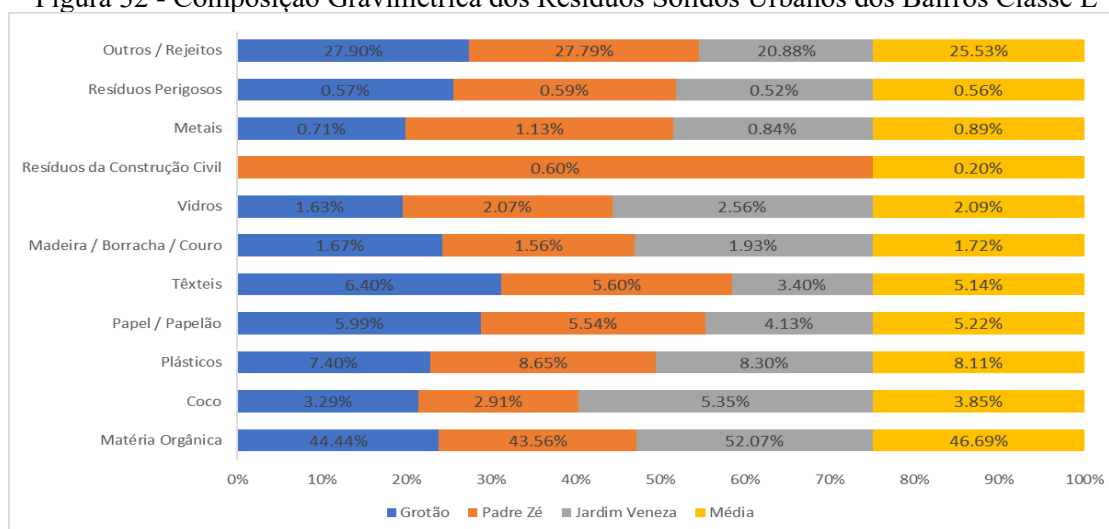
Figura 31 - Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos dos Bairros Classe D



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

A classe social E agrupa bairros com renda de até dois salários mínimos, como Grotão, Padre Zé e Jardim Veneza (Tabelas 15 e 16). Apesar de reunir alguns dos setores menos abonados de João Pessoa e considerando que a geração de orgânicos, neste estudo, apresenta uma relação inversamente proporcional à renda, é possível observar a presença de apenas 46,69% de resíduos orgânicos, percentual semelhante ao verificado nos bairros de classe A (Figura 32). Essa contradição pode estar relacionada a uma maior consciência da população dessa classe, que tendem a evitar desperdícios e adotar práticas de reaproveitamento dos resíduos orgânicos para alimentação de animais, reduzindo assim, o volume descartado. Esse resultado é consistente com os achados de Silva (2024), que analisou grupos com renda de até 2 salários mínimos e identificou que 53,9% utiliza o resíduo orgânico para esse fim. Logo, as menores proporções de resíduos orgânicos dessa classe podem ter uma contribuição significativa dessas práticas.

Figura 32 - Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos dos Bairros Classe E



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

5.5.3 Validação do ISGRSM nos setores de coleta de João Pessoa/PB

No processo de validação do índice, alguns indicadores apresentaram limitações de aplicabilidade devido à indisponibilidade de informações oficiais ou à dificuldade ao acesso de dados gerados pelo poder público municipal, impactando a compreensão do real cenário da gestão dos resíduos sólidos setorizado. Para esses indicadores, foram atribuídos pontuação zero. Além disso, nos casos em que os dados não estavam setorizados, como “despesas com manejo de resíduos sólidos”, foram realizadas

estimativas baseadas em informações preexistentes, buscando aproveitar ao máximo a possibilidade da análise de cada setor.

Nesta subseção, encontram-se os resultados do cálculo dos indicadores, dos subíndices e do índice Setorizado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais (ISGRSM), com as respectivas análises do desempenho do gerenciamento de resíduos nos setores.

5.5.3.1 Aplicação dos indicadores ambientais, econômicos e sociais nos setores

Na Tabela 29 é apresentado os resultados do cálculo dos indicadores ambientais que compõem o ISGRSM para os setores investigados. As variáveis analisadas foram “geração per capita”, “geração por composição”, “taxa de disposição em aterros”, “cobertura da coleta seletiva”, “existência de catadores no setor” e “existência de PEVs no setor”. Com esses dados, foi possível identificar o desempenho dos setores, compará-los e compreender os desafios enfrentados em cada setor.

Tabela 28 - Determinação dos indicadores ambientais para os setores analisados

Setor	Classe	Geração per capita de resíduos sólidos (kg/hab./dia)	Geração por composição - %			Taxa de disposição em aterros - %	Cobertura coleta seletiva (%)	Existência de coleta seletiva no setor	Existência de PEVs no setor
			Orgânico	Recicláveis	Rejeito				
Bairro dos Estados	A	1.07	46.02%	21.47%	28.03%	98.40%	62%	Sim	Não
Manaíra	A	1.08	44.08%	22.99%	29.02%	97.96%	77%	Sim	Sim
Tambaú	A	1.34	43.05%	20.80%	30.15%	97.09%	84%	Sim	Sim
Altiplano	B	0.72	41.56%	13.02%	17.54%	98.40%	29%	Sim	Não
Bancários	B	0.92	49.59%	19.24%	21.51%	98.94%	47%	Sim	Sim
Jardim Cidade Universitária	B	0.50	49.35%	17.71%	21.72%	97.20%	64%	Sim	Não
Torre	B	1.05	46.18%	24.24%	20.76%	98.76%	45%	Sim	Não
Treze de Maio	B	0.77	55.51%	9.95%	27.54%	96.74%	93%	Sim	Não
Bairro dos Ipês	C	0.75	55.23%	16.51%	21.44%	98.65%	36%	Sim	Não
Castelo Branco	C	0.63	50.60%	16.94%	19.55%	100%	0%	Não	Não
Ernesto Geisel	C	1.03	55.74%	12.52%	24.67%	100%	0%	Não	Não
Mangabeira	C	0.61	41.77%	23.28%	27.05%	99.37%	22%	Sim	Sim
Alto do Mateus	D	0.64	54.67%	15.03%	21.96%	100%	0%	Não	Não
Bairro das Indústrias	D	0.48	49.12%	16.32%	24.81%	100%	0%	Não	Não
Cruz das Armas	D	0.73	54.47%	14.68%	21.00%	100 %	0%	Não	Não
João Paulo II	D	0.63	59.22%	7.29%	21.83%	100%	0%	Não	Não
Paratibe	D	0.37	56.77%	12.88%	17.55%	100%	0%	Não	Não
Grotão	E	1.13	44.44%	15.73%	27.90%	100%	0%	Não	Não
Jardim Veneza	E	0.46	52.07%	15.83%	20.88%	100%	0%	Não	Não
Padre Zé	E	0.68	43.56%	17.39%	27.79%	100%	0%	Não	Não

Fonte: Autora (2025)

O primeiro indicador analisado foi a geração per capita de resíduos sólidos domiciliares. Como já mencionado, a geração per capita de João Pessoa, no ano de 2022, foi de 0.86 kg/hab.dia, com setores apresentando valores acima dessa média, como Tambaú (1.34 kg/hab.dia) e Grotão (1.13 kg/hab.dia), e outros abaixo, a exemplo de Paratibe (0.37 kg/hab.dia) e Jardim Veneza (0.46 kg/hab.dia).

Para avaliar a influência demográfica e econômica na geração per capita de resíduos dos setores, foi realizada uma regressão linear, por meio do software SPSS Statistics, considerando 3 modelos de regressão: modelos 1 e 2, levando em conta a renda e população como variáveis independentes, isoladamente; e o modelo 3 combinando renda e população como variáveis preditoras, conforme realizado por Colvero *et al.* (2019).

O modelo de regressão linear utilizando a renda como variável independente apresentou R^2 de 0,419, apontando que cerca de 42% da geração de resíduos per capita está associada à renda. O p-valor foi de 0,002 indicando diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$), enquanto a correlação de Pearson foi de 0,647, demonstrando uma correlação positiva e moderada entre geração per capita e níveis amplos de desenvolvimento socioeconômico (Tabela 30). Isso confirma a hipótese que, quanto maior o poder aquisitivo, maior a geração per capita, e poder ser comprovado ao comparar setores com maiores rendas, como Bairro dos Estados (1,34 kg/hab.dia) e Tambaú (1,07 kg/hab.dia) aos bairros com menor poder socioeconômico, como Jardim Veneza (0,46 kg/hab.dia) e Padre Zé (0,68 kg/hab.dia).

Tabela 29 - Modelo de regressão encontrado para a correlação entre geração per capita e renda

Parâmetros	Resultados
Correlação de Pearson	0,647
Sig.	0,001
R^2	0,419
R^2 ajustado	0,387
Erro padrão da estimativa	0,206
P-valor (ANOVA)	0,002
Coefficiente constante	0,564
Coefficiente da renda (não padronizado)	0,00004903

Sig. - Significância

Outros estudos corroboram com os resultados dessa pesquisa, ao comprovar que renda e geração per capita de resíduos possuem uma relação diretamente proporcional (Dutta, Jinsart, 2020; Huang *et al.*, 2021; Içen, Çil, 2023; Singh, Naik e Uppaluri, 2024),

evidenciando a existência de um comportamento consumista estimulado pelo crescimento econômico (Cavalheiro *et al.*, 2024). Além da influência econômica, Medeiros, Paz e Moraes Júnior (2015) atrelaram a geração de resíduos ao nível educacional, já que indivíduos instruídos demonstram maior conscientização ambiental e adesão a práticas sustentáveis, levando a uma diminuição da quantidade de resíduos gerados (Alzamora *et al.*, 2022).

Em contrapartida, ao considerar a variável populacional como preditora da geração per capita, foi encontrado um p-valor de 0,301, revelando que a relação não possui significância estatística a nível de 5% (Tabela 31). Isso demonstra que os baixos valores de geração per capita encontrados nos bairros populosos, a exemplo de Mangabeira (0.61 kg/hab.dia), Jardim Cidade Universitária (0.50 kg/hab.dia) e João Paulo II (0.63 kg/hab.dia), não podem ser explicados, exclusivamente, pelo tamanho da população, mas por outras razões correlatas, como renda, nível educacional e características dos setores.

Tabela 30 - Modelo de regressão encontrado para a correlação entre geração per capita e população

Parâmetros	Resultados
Correlação de Perason	- 0,244
Sig.	0,150
R ²	0,059
R ² ajustado	0,007
Erro padrão da estimativa	0,262
P-valor (ANOVA)	0,301
Coefficiente constante	0,856
Coefficiente população	-4,547E-6

Sig. – Significância

A baixa geração per capita observada no bairro Jardim Cidade Universitária pode ter ligação com o perfil da população local, em grande proporção universitários, o que contribui para uma menor produção de resíduos. Em contrapartida, a alta geração do Grotão - bairro classe E e com população pequena – pode indicar uma “contaminação” dos dados entre os bairros, que acontece quando a coleta extrapola os limites do setor e os resíduos coletados passam a ter contribuição de outro bairro (Medeiros, Paz, Moraes Júnior, 2015). Para verificar essa hipótese de forma mais aprofundada, seria necessário analisar as rotas de coleta realizadas pelos caminhões compactadores, as quais a

pesquisadora não teve acesso (foram enviados vários ofícios e visitas a Emlur, na tentativa de obter esses dados).

Na análise de regressão linear múltipla, onde as variáveis independentes "renda" e "população" foram utilizadas como preditoras, obteve-se um coeficiente de determinação (R^2) de 0,460 e p-valor igual a 0,005, evidenciando significância estatística no modelo adotado (Tabela 32). Esse resultado mostra que a combinação dos fatores populacionais e econômicos exerce influência mais forte sobre a geração per capita do que as variáveis de forma isolada.

Tabela 31 - Modelo de regressão linear múltipla

Parâmetros	Resultados
R^2	0,460
R^2 ajustado	0,397
Erro padrão da estimativa	0,204
P-valor (ANOVA)	0,005
Coefficiente constante	0,632
Coefficiente renda	4,807E-5
Coefficiente população	-3,812E-6

Os resultados do indicador “taxa de disposição em aterro” revelaram que metade dos bairros investigados ainda dispõem todos os seus resíduos em aterro sanitário, evidenciando a elevada dependência por essa forma de disposição. Os setores que apresentaram redução dessas taxas são àqueles contemplados pelo programa de coleta seletiva, notadamente os das classes A e B. Contudo, os valores de desvio ainda são baixos, não atingindo nem 3% do total gerado.

Esse cenário mostra que apesar dos esforços com a coleta seletiva, ela por si só não é suficiente para garantir o aumento das taxas de recuperação dos resíduos (Zhang *et al.*, 2022; Wilson *et al.*, 2015), sendo necessário mecanismos de fortalecimento do programa, por meio de ações educativas e de integração social; incentivos financeiros e investimentos políticos, econômicos e estruturais. A consolidação dessas ações traz não somente ganhos ambientais e financeiros, como também sociais, através da inclusão de grupos sociais vulneráveis e da melhoria da saúde ambiental decorrente da conscientização dos indivíduos (Gutberlet, Bramryd, 2025).

Em relação à coleta seletiva, constata-se que dos 20 setores analisados, metade é atendida pelo programa, incluindo Bairro dos Estados, Manaíra, Tambaú, Altiplano, Bancários, Jardim Cidade Universitária, Torre, Treze de Maio, Bairro dos Ipês, Castelo

Branco e Mangabeira. Esses bairros pertencem especialmente às classes A e B, e a preferência para participarem da coleta seletiva está atrelada ao percentual de resíduos recicláveis gerados nesses bairros, ao nível de instrução da população e à infraestrutura disponível, tornando esses fatores atrativos e viáveis para a operacionalização da coleta diferenciada.

Na Tabela 33 pode-se verificar os resultados dos indicadores econômicos para os setores. Em virtude da indisponibilidade de dados setorializados, não foi possível determinar o indicador percentual da receita arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gerenciamento de RSU. Tal indicador foi calculado apenas para a cidade de João Pessoa, resultando em um percentual de receita arrecadada de 101%, indicando que as receitas arrecadadas (R\$ 3.069.285,30) no ano de 2022 foram superiores às previstas (R\$ 3.043.953,00) (Prefeitura de João Pessoa, 2022).

Tabela 32 - Determinação dos indicadores econômicos para os setores analisados

Setor	Classe	Custo anual com disposição em aterro (R\$/ano)	Despesas com manejo de resíduos sólidos (R\$/ano)	Percentual da Receita arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de GRSU (%)
Bairro dos Estados	A	246,866.64	1,568,376.44	-
Manáira	A	633,315.12	4,019,515.22	-
Tambaú	A	290,583.46	1,503,521.05	-
Altiplano	B	166,444.58	1,586,147.12	-
Bancários	B	350,491.64	2,525,411.11	-
Jardim Cidade Universitária	B	269,549.96	3,885,551.63	-
Torre	B	315,732.52	2,057,905.52	-
Treze de Maio	B	134,812.18	1,210,228.89	-
Bairro dos Ipês	C	143,648.42	1,309,410.55	-
Castelo Branco	C	142,564.66	1,507,166.32	-
Ernesto Geisel	C	274,881.96	2,078,258.27	-
Mangabeira	C	1,228,431.42	10,769,184.08	-
Alto do Mateus	D	221,338.14	2,331,148.71	-
Bairro das Indústrias	D	359,872.80	1,911,487.27	-
Cruz das Armas	D	338,093.44	3,112,299.21	-
João Paulo II	D	307,527.44	2,915,758.53	-
Paratibe	D	174,105.30	3,177,458.37	-
Grotão	E	122,084.82	725,408.28	-
Jardim Veneza	E	136,746.58	1,991,835.04	-
Padre Zé	E	92,756.34	909,494.30	-

Fonte: Autora (2025)

Para calcular o indicador "despesas com manejo de resíduos sólidos" foi realizada uma estimativa a partir da despesa per capita com manejo de resíduos de João Pessoa, utilizando a população de cada setor como fator de multiplicação. No resultado final, optou-se por não manter a unidade de medida per capita, pois por se tratar de uma estimativa derivada da despesa per capita da cidade, o resultado seria igual para todos os setores, impossibilitando uma visualização da distribuição dos custos individuais.

Por levar em consideração a população como fator de multiplicação, os resultados desse indicador mostram que, quanto maior o número de habitantes de um local, maiores as despesas com manejo de RSD, conforme constatado para Mangabeira, Manaíra e Jardim Cidade Universitária. Por outro lado, bairros com menor população, como Grotão e Padre Zé, apresentaram menores custos. Despesas mais baixas não indicam, necessariamente, uma sustentabilidade econômica do indicador, já que outras variáveis que impactam os custos, como características do setor, rotas percorridas pelos veículos e frequência de coleta, não foram consideradas.

O custo anual com disposição em aterro variou entre R\$92.756,34 (Padre Zé) e R\$ 1.228.431,42 (Mangabeira), conforme mostrado na Tabela 34. Esses valores estão associados à quantidade de resíduos sólidos gerados em cada setor e às taxas de recuperação da parcela reciclável, já que melhores taxas de recuperação tendem a elevar a eficiência financeira, por meio da redução de custos com disposição. Tal fato pode ser percebido ao comparar setores com coleta seletiva, como Jardim Cidade Universitária, com setores sem coleta diferenciada, como Ernesto Geisel. O primeiro, apresentou uma geração de resíduos ligeiramente superior ao segundo, no entanto, ao analisar os custos com disposição, nota-se que Ernesto Geisel apresentou maior dispêndio. Esse resultado é influenciado pela presença da coleta seletiva que, apesar das tímidas taxas de desvio, contribuiu para uma economia de 2,8% nos custos com aterramento dos resíduos gerados no bairro Jardim Cidade Universitária no ano de 2022.

Tabela 33 - Dados utilizados no cálculo e compreensão do custo anual com disposição em aterro dos setores de João Pessoa

Setor	Resíduos gerados (t)	Resíduos aterrados (t)	Taxa de disposição (%)	Valor tonelada (R\$/t)*	Custo anual com disposição em aterro (R\$/ano)	Economia com aterramento (%)
Mangabeira	19938.63	19813.41	99.37%	62	1,228,431.42	0.63%
Manaíra	10427.98	10214.76	97.96%	62	633,315.12	2.04%
Bairro das Indústrias	5804.4	5804.4	100.00%	62	359,872.80	-

(continua)

Setor	Resíduos gerados (t)	Resíduos aterrados (t)	Taxa de disposição (%)	Valor tonelada (R\$/t)*	Custo anual com disposição em aterro (R\$/ano)	Economia com aterramento (%)
Bancários	5713.61	5653.091	98.94%	62	350,491.64	1.06%
Cruz das Armas	5453.12	5453.12	100.00%	62	338,093.44	-
Torre	5156.58	5092.46	98.76%	62	315,732.52	1.24%
João Paulo II	4960.12	4960.12	100.00%	62	307,527.44	-
Tambaú	4827.49	4686.83	97.09%	62	290,583.46	2.91%
Ernesto Geisel	4433.58	4433.58	100.00%	62	274,881.96	-
Jardim Cidade Universitária	4472.83	4347.58	97.20%	62	269,549.96	2.80%
Bairro dos Estados	4046.41	3981.72	98.40%	62	246,866.64	1.60%
Alto do Mateus	3569.97	3569.97	100.00%	62	221,338.14	-
Paratibe	2808.15	2808.15	100.00%	62	174,105.30	-
Altiplano	2728.20	2684.59	98.40%	62	166,444.58	1.60%
Bairro dos Ipês	2348.68	2316.91	98.65%	62	143,648.42	1.35%
Castelo Branco	2299.43	2299.43	100.00%	62	142,564.66	-
Jardim Veneza	2205.59	2205.59	100.00%	62	136,746.58	-
Treze de Maio	2247.57	2174.39	96.74%	62	134,812.18	3.26%
Grotão	1969.11	1969.11	100.00%	62	122,084.82	-
Padre Zé	1496.07	1496.07	100.00%	62	92,756.34	-

* Valor do descarte da tonelada de resíduos no Aterro Sanitário de João Pessoa em 2022

Mangabeira e Manaíra foram os setores que apresentaram a maior geração de resíduos, 19938.63 t/ano e 10427.98 t/ano, respectivamente. Destes, 19813.41 t/ano e 10214.76 t/ano foram encaminhados para o aterro sanitário, representando os maiores custos com aterramento entre os bairros analisados. Apesar desses locais serem atendidos pela coleta seletiva, a redução das despesas com aterro foi modesta, principalmente para Mangabeira, que apresentou apenas 0,63% de economia. Se esse bairro alcançasse uma taxa de recuperação de recicláveis de, pelo menos, 5%, haveria uma economia superior a R\$ 60 mil reais por ano.

Uma redução de despesas ligeiramente superior foi observada para Treze de Maio (3,26%), Tambaú (2,91%) e Jardim Cidade Universitária (2,8%), demonstrando que o engajamento da população e o aproveitamento eficiente dos materiais contribuem na redução de gastos públicos com essa forma de disposição. Apesar disso, o cenário precisa

ser melhorado, pois a maior parte dos bairros da capital ainda tem seus resíduos dispostos integralmente em aterro sanitário, representando custos para a administração municipal que poderiam ser evitados com investimentos na coleta seletiva e na educação ambiental (Rangga *et al.*, 2022).

Os resultados dos indicadores sociais podem ser visualizados na Tabela 35. Dentre as métricas propostas, apenas o indicador capacidade de resposta às reclamações dos usuários não pôde ser calculado, devido à indisponibilidade de dados setorizados. Ademais, por se tratar de um indicador baseado nas reclamações individuais dos usuários e não na qualidade da prestação dos serviços, optou-se por não estimar esses valores. Conforme dados do Portal da Transparência de João Pessoa, no ano de 2023 a capacidade de resposta aos usuários foi de 83%, com maior parte das reclamações relacionadas à limpeza de resíduos e entulhos.

De acordo com o SINISA (2022), João Pessoa apresentou 100% de cobertura do serviço de coleta de resíduos no ano de 2022, garantindo a universalização desse serviço para toda a população. Todos os bairros da capital são atendidos pela coleta regular de resíduos, seja de forma direta, através do sistema porta a porta, ou através de containers, instalados em pontos estratégicos dos lotes, para viabilizar a logística e reduzir o percurso da coleta.

A coleta de resíduos é um serviço essencial para garantir qualidade ambiental e saúde pública, e o seu manejo ambientalmente adequado faz parte de uma das metas do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Velis *et al.*, 2023). Sua universalização é um dos princípios da Política Nacional de Saneamento (Brasil, 2007) e um dos objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), portanto, ao atingir uma cobertura de coleta de 100%, João Pessoa atende aos preceitos legais.

Contudo, a universalização nem sempre garante a qualidade dos serviços prestados, uma vez que barreiras espaciais, estruturais e econômicas podem comprometer o acesso à uma coleta eficiente e periódica. Velis *et al.* (2023) destacaram que a avaliação de desempenho da coleta deve considerar além da cobertura, a qualidade do serviço prestado, já que em muitas cidades a expansão não vem acompanhada de melhorias na sua qualidade. Os autores relataram também que a deficiência na qualidade desses serviços está relacionada à ausência de coleta em áreas urbanas ocupadas informalmente, à limpeza precária em logradouros afastados de setores centrais, e até a problemas sociais, como falta de EPIs para os trabalhadores envolvidos na coleta.

Tabela 34 - Resultado dos indicadores sociais dos setores estudados

Setor	Classe	População atendida pela coleta regular de resíduos (%)	Existência de Catadores de Materiais Recicláveis das Associações e/ou Cooperativas no Setor	Associação	Capacidade de resposta às reclamações dos usuários (%)*	Realização de campanhas de conscientização ambiental no setor	Parcela de escolas municipais do setor que implementam programas de conscientização sobre resíduos (%)
Bairro dos Estados	A	100%	Sim	Tribo de Judá	0%	Não	100%
Manaíra	A	100%	Sim	ASCARE-JP	0%	Não	100%
Tambaú	A	100%	Sim	ASCARE-JP	0%	Sim	Não possui escolas municipais
Altiplano	B	100%	Sim	ASCARE-JP	0%	Não	100%
Bancários	B	100%	Sim	Acordo Verde	0%	Sim	100%
Jardim Cidade Universitária	B	100%	Sim	Acordo Verde	0%	Não	Não possui escolas municipais
Torre	B	100%	Sim	Tribo de Judá	0%	Não	100%
Treze de Maio	B	100%	Sim	Tribo de Judá	0%	Não	100%
Bairro dos Ipês	C	100%	Sim	Tribo de Judá	0%	Não	Não possui escolas municipais
Castelo Branco	C	100%	Não	Nenhuma	0%	Não	Não possui escolas municipais
Ernesto Geisel	C	100%	Não	Nenhuma	0%	Não	67%
Mangabeira	C	100%	Sim	Acordo Verde	0%	Não	88%
Alto do Mateus	D	100%	Não	Nenhuma	0%	Não	75%
Bairro das Indústrias	D	100%	Não	Nenhuma	0%	Não	75%
Cruz das Armas	D	100%	Não	Nenhuma	0%	Não	100%
João Paulo II	D	100%	Não	Nenhuma	0%	Não	Não possui escolas
Paratibe	D	100%	Não	Nenhuma	0%	Não	100%
Grotão	E	100%	Não	Nenhuma	0%	Não	100%
Jardim Veneza	E	100%	Não	Nenhuma	0%	Não	100%
Padre Zé	E	100%	Não	Nenhuma	0%	Não	100%

Os resultados do indicador existência de catadores de materiais recicláveis mostraram que metade dos setores possuem atuação dos catadores associados, estando concentrados em áreas de maior poder aquisitivo (classes A e B) que são também atendidos pelo programa de coleta seletiva. Em compensação, os bairros das classes sociais mais desfavorecidos (classes D e E), como Alto do Mateus, Bairro das Indústrias, Jardim Veneza e Padre Zé, são desassistidos pela coleta seletiva e atuação de catadores formalizados, refletindo uma desigualdade na fruição desses serviços.

No que se refere ao indicador “parcela de escolas que implementam programas de conscientização”, é possível notar que todos os setores que possuem escolas municipais são contemplados pelas ações de educação ambiental promovidas pela Emlur. Com exceção do bairro Ernesto Geisel, que apresentou apenas 67% das escolas assistidas por essas ações, os demais setores exibiram uma participação de, ao menos, 75%. Tais ações incluem abordagens sobre o tema resíduos sólidos, especialmente os recicláveis, por meio de palestras, teatro, música e artesanato.

Em contraste, as ações educativas desenvolvidas nos bairros apontaram uma situação preocupante. De acordo com os registros encontrados, foram identificadas ações educativas apenas nos Bancários e Tambaú. As ações são comuns em bairros litorâneos, especialmente no verão, época em que há um maior fluxo de turistas. Um destaque para o programa “Amigos na Praia”, que consiste na abordagem de banhistas, comerciantes e vendedores ambulantes, pelos agentes ambientais da Emlur, para conscientizá-los sobre o descarte adequado dos resíduos e entregar sacos para o acondicionamento do lixo produzido durante a permanência na praia (João Pessoa, 2025). Além disso, há outras práticas promovidas pela Emlur, como a coleta de resíduos, sobretudo plásticos, nas faixas de areia das praias de Tambaú e Cabo Branco (João Pessoa, 2021).

Em conversa com a equipe de educação ambiental da Emlur, foi relatada a realização de ações ambientais na Praça da Paz, localizada no bairro dos Bancários, com o objetivo de conscientizar os comerciantes dos bares e quiosques. No entanto, apesar do empenho da gestão pública em disseminar informações ambientais e buscar minimizar a problemática da geração e descarte dos resíduos, ainda há espaço para ampliar essas iniciativas em outros bairros da capital, sobretudo àqueles com menor poder aquisitivo que, por não serem atendidos por esses programas, carecem de direcionamento nas suas ações.

O nível de escolaridade de um indivíduo é fator-chave para o interesse e envolvimento em práticas sustentáveis. Santos *et al.* (2017) observaram que um maior

nível de instrução impacta em uma percepção e responsabilização ambiental mais refinada sobre problemas de ordem ambiental e social. Com a falta de conhecimento da população, desafios são notados, como segregação de resíduos insatisfatória e baixas taxas de reciclagem (Zen, Noor, Yusuf, 2014; Khan, Ahmed, Najmi, 2019).

Um estudo realizado por Lye, Ng e Jing-Wei (2024) sugerem a formulação de estratégias de educação ambiental segmentadas a partir do comportamento ambiental dos indivíduos. Segundo os autores, abordagens generalizadas, como grandes programas de educação ambiental, podem não ser eficientes, pois não levam em consideração o nível de conhecimento das pessoas. Grupos que demonstram intenção, mas apresentam baixo nível de engajamento, por exemplo, as ações devem ser pautadas no conhecimento, nas habilidades específicas e no reconhecimento do comportamento ambiental positivo.

5.5.3.2 Aplicação do Índice Setorizado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais (ISGRSM) nos setores de João Pessoa

Os resultados obtidos com a aplicação dos indicadores foram normalizados e adotados no cálculo dos subíndices temáticos (ambiental, econômico e social) que, por sua vez, foram utilizados para determinar o Índice Setorizado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais (ISGRSM) e compreender o desempenho do gerenciamento de resíduos sólidos em alguns bairros de João Pessoa. Através da Tabela 36 é possível observar o desempenho desses subíndices em cada setor.

Tabela 35 - Aplicação dos subíndices ambiental, econômico e social

Setor	Classe	IAGRS	IEGRS	ISGRS
Bairro dos Estados	A	0.38	0.63	0.68
Manaíra	A	0.50	0.41	0.68
Tambaú	A	0.38	0.62	0.82
Altiplano	B	0.43	0.66	0.68
Bancários	B	0.49	0.56	0.84
Jardim Cidade Universitária	B	0.55	0.55	0.63
Torre	B	0.36	0.59	0.68
Treze de Maio	B	0.51	0.68	0.68
Bairro dos Ipês	C	0.43	0.68	0.54
Castelo Branco	C	0.27	0.67	0.36
Ernesto Geisel	C	0.20	0.61	0.63
Mangabeira	C	0.50	0.00	0.66
Alto do Mateus	D	0.27	0.62	0.42
Bairro das Indústrias	D	0.10	0.58	0.42
Cruz das Armas	D	0.25	0.55	0.45

(continuação)

Setor	Classe	IAGRS	IEGRS	ISGRS
João Paulo II	D	0.25	0.57	0.31
Paratibe	D	0.35	0.61	0.45
Grotão	E	0.14	0.70	0.45
Jardim Veneza	E	0.32	0.65	0.45
Padre Zé	E	0.26	0.70	0.45

IAGRS – Índice Ambiental de Gerenciamento de Resíduos Setorizado; IEGRS – Índice Econômico de Gerenciamento de Resíduos Setorizado; ISGRS - Índice Social de Gerenciamento de Resíduos Setorizado.

A partir dos resultados dos subíndices apontados na Tabela 38, constata-se que os bairros Jardim Cidade Universitária (0.55) e Treze de maio (0.51) manifestaram o melhor desempenho no eixo ambiental, sendo enquadrados em uma condição moderada. Por outro lado, a dimensão econômica indicou que todos os setores tiveram uma eficiência moderada no gerenciamento, com exceção de Manaíra (0.41), classificado em alerta, e Mangabeira (0.00), em condição crítica. Por fim, os resultados do subíndice social revelaram uma heterogeneidade nas classificações, com destaque para os bairros Tambaú (0.82) e Bancários (0.84) que obtiveram o melhor desempenho entre todos os bairros e dimensões analisadas, classificando-os com boa eficiência do gerenciamento nesse eixo.

Em relação ao subíndice ambiental, é possível notar que metade dos setores apresentaram desempenho classificado em “alerta”, dois setores com desempenho moderado, e oito com desempenho crítico. Os bairros das classes A e B, com exceção do Jardim Cidade Universitária e Treze de Maio, foram enquadrados em estado de alerta, apresentando valores entre 0.36 (Torre) e 0.50 (Manaíra). Os setores dessas classes, apesar de serem os mais favorecidos com as estratégias de resíduos, apresentaram gargalos que refletiram uma baixa sustentabilidade ambiental, a exemplo da elevada geração per capita na maioria dos setores alta renda e dos consideráveis percentuais de disposição final dos resíduos em aterro sanitário, superando 95% do volume gerado.

Esse contexto é explicado não apenas por fatores socioeconômicos, como também institucionais, financeiros e estruturais. Mesmo com programa de coleta seletiva, há uma ausência de metas bem definidas para redução da quantidade de resíduos aterrada. Na maioria das vezes, os investimentos são direcionados para a coleta regular e disposição final em aterro sanitário, havendo negligência da infraestrutura necessária para processar os resíduos recolhidos através da coleta seletiva, como galpões de triagem, equipamentos para segregação, veículos para a coleta, EPI's; criando assim uma dependência por essa forma de disposição final.

A falta de incentivos econômicos ou de outra natureza também pode desencorajar os indivíduos a participarem da coleta seletiva. Acredita-se que a existência de estratégias que estabeleçam uma relação recíproca entre o poder público e a sociedade, como descontos em impostos ou taxas, possa fomentar o engajamento mais ativo nas práticas ambientais. Sun e Asari (2023) constataram que os incentivos financeiros motivam a participação social na segregação dos resíduos, mas que, ao longo do tempo, esse fator não é suficiente para manter o envolvimento das pessoas, sendo indispensável combinar essa abordagem com educação ambiental e ações obrigatórias.

Os bairros Jardim Cidade Universitária e Treze de Maio apresentaram o melhor desempenho na perspectiva ambiental entre todos os setores, com IAGRS de 0.55 e 0.51, respectivamente, classificando-os em moderado. O desempenho mediano do Jardim Cidade Universitária deve-se à baixa geração per capita de resíduos, que elevou o valor do subíndice ambiental. O setor apresentou também uma das menores taxas de disposição de resíduos em aterro, além de manter avaliações equilibradas nos demais indicadores dessa dimensão, com exceção da inexistência de PEVs, que resultou em uma pontuação nula. Por sua vez, o bairro Treze de Maio apresentou um comportamento semelhante ao do Jardim Cidade Universitária, no entanto, o fator predominante para o seu desempenho foi a alta cobertura da coleta seletiva, que é a maior entre os bairros assistidos pelo programa.

Por outro lado, uma grande parcela dos bairros pertencentes às classes C, D e E, apresentou performance crítica na dimensão ambiental, com realce para o Grotão, que obteve o menor valor de IAGRS da análise (0.14). Os resultados dos indicadores ambientais para esses bairros foram majoritariamente insatisfatórios, devido à ausência de coleta seletiva formal e encaminhamento integral dos seus resíduos para aterro sanitário.

A desigualdade socioeconômica observada entre os setores reflete na forma como os resíduos são gerados e descartados. De acordo com Valenzuela-Levi (2020), em áreas mais pobres, a quantidade e a qualidade dos recicláveis são menores, dificultando a implantação de iniciativas de coleta seletiva e contribuindo para uma exclusão desses grupos ao acesso a serviços de coleta diferenciada. Ainda segundo o autor, essa exclusão gera desvantagens na gestão de resíduos, independente da demanda existente, pois os resíduos continuam sendo aterrados, a cadeia de reciclagem permanece fragilizada e os catadores são prejudicados pela redução de oportunidades de renda.

Os resultados do subíndice econômico (IEGRS) mostraram-se mais otimistas para 90% dos setores, sendo classificados como moderado. Esses valores poderiam ter sido ainda maiores se o indicador “Percentual da receita arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gerenciamento de RSU por setor” tivesse sido calculado, no entanto, devido à falta de dados, todos os setores receberam pontuação zero.

Mangabeira apresentou o menor valor do IEGRS, com pontuação 0, enquadrando o gerenciamento de resíduos desse bairro em “crítico”. Tendo em vista que os indicadores que compõem esse subíndice levam em consideração variáveis como “quantidade de resíduos” e “população do setor”, esse desempenho era esperado, visto que Mangabeira é o bairro mais populoso de João Pessoa e encaminhou mais de 99% dos resíduos recolhidos para o aterro sanitário em 2022, fatores que comprometeram negativamente o desempenho do subíndice econômico.

O subíndice social (IEGRS) apresentou variações entre os bairros, com classificações entre bom, moderado e alerta. Tambaú e Bancários foram os únicos setores a alcançar uma performance satisfatória, atingindo valores de ISGRS igual a 0.82 e 0.84, respectivamente, sendo classificados como “bom”. Diversas razões contribuíram para essa classificação, como a cobertura integral do serviço de coleta de resíduos, a atuação de catadores de materiais recicláveis associados na área e a realização de campanhas ambientais nos bairros.

Todos os bairros classe D e E manifestaram desempenhos classificados em “alerta”, revelando uma relação entre a vulnerabilidade socioeconômica e a baixa sustentabilidade social. Os principais fatores que contribuíram para esse resultado foram a ausência de campanhas de educação ambiental direcionadas para esses a população e a inexistência de catadores de recicláveis atuando nessas áreas.

A partir do cálculo dos subíndices temáticos, foi possível determinar o ISGRSM para cada bairro. De acordo com os resultados apresentados na Tabela 37, os bairros apontaram condições de gerenciamento classificados entre moderado e alerta, com valores de ISGRSM variando entre 0.32 e 0.60. Todos os setores classe A e B posicionaram-se como moderado, com valores entre 0,51 (Torre) a 0,60 (Bancários e Treze de Maio); enquanto os bairros classe C – com exceção do Bairro dos Ipês –, D e E, apresentaram um gerenciamento em estado de alerta, com valores de 0.32 (Bairro das Indústrias) a 0.45 (Paratibe e Jardim Veneza).

Tabela 36 - Aplicação dos subíndices e do ISGRSM dos setores de João Pessoa/PB

Setor	Classe	ISGRSM	Classificação
Bairro dos Estados	A	0.53	Moderado
Manaira	A	0.52	Moderado
Tambaú	A	0.56	Moderado
Altiplano	B	0.56	Moderado
Bancários	B	0.60	Moderado
Jardim Cidade Universitária	B	0.57	Moderado
Torre	B	0.51	Moderado
Treze de Maio	B	0.60	Moderado
Bairro dos Ipês	C	0.53	Moderado
Castelo Branco	C	0.41	Alerta
Ernesto Geisel	C	0.43	Alerta
Mangabeira	C	0.39	Alerta
Alto do Mateus	D	0.41	Alerta
Bairro das Indústrias	D	0.32	Alerta
Cruz das Armas	D	0.39	Alerta
João Paulo II	D	0.36	Alerta
Paratibe	D	0.45	Alerta
Grotão	E	0.38	Alerta
Jardim Veneza	E	0.45	Alerta
Padre Zé	E	0.44	Alerta

Fonte: Autora (2025)

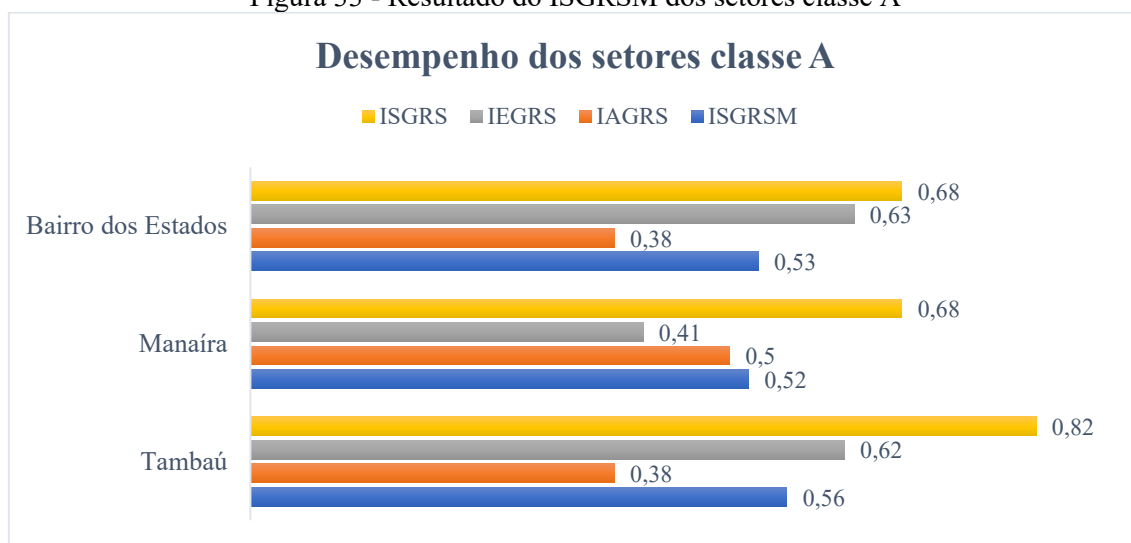
Os bairros classe A e B apresentaram desempenhos moderados, com maior valor do índice identificado para os Bancários (0.60) e Treze de Maio (0.60), enquanto Torre (0.51) apresentou o menor valor entre os bairros dos grupos. De forma ampla, a performance encontrada para esses setores deve-se ao beneficiamento com as políticas de gestão de resíduos. Em todos esses bairros há coleta seletiva, atuação de catadores de materiais recicláveis e redução do percentual de resíduos que é encaminhado para disposição final em aterro sanitário que, somados, contribuíram positivamente para um desempenho mediano do índice.

Em contraste, os bairros dos setores classe D e E manifestaram desempenhos do ISGRSM classificados em “alerta”, com pior performance registrada para o Bairro das Indústrias (0.32) e maiores valores para Paratibe e Jardim Veneza, ambos 0.45. Esses resultados reforçam a discrepância entre a forma como a política de gestão de resíduos é executada entre os estratos socioeconômicos da capital, além das fragilidades observadas em diversas áreas do gerenciamento que são provocadas pela ausência de ações educativas, falta de estratégias canalizadas para a recuperação das frações reciclável e

orgânica geradas nesses setores, e o desinteresse dos catadores formalizados em atuarem nesses locais.

Nos setores da classe A, que inclui o Bairro dos Estados (0.53), Manaíra (0.52) e Tambaú (0.56), constata-se um desempenho moderado do ISGRSM para todos eles (Figura 33). Esse resultado demonstra que, apesar do elevado nível socioeconômico dessa população, a gestão de resíduo ainda não assume um patamar de excelência, havendo espaços para melhorias.

Figura 33 - Resultado do ISGRSM dos setores classe A

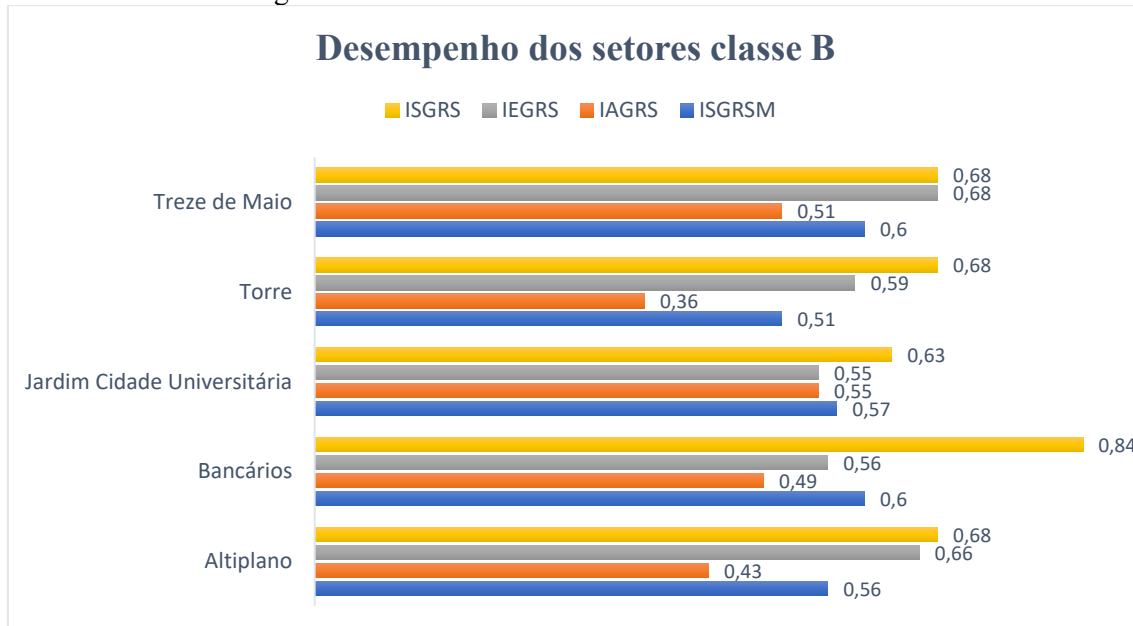


Fonte: Autora (2025)

Além disso, é importante ressaltar o valor semelhante do ISGRSM encontrado para os bairros classe A, sugerindo um equilíbrio entre os serviços prestados para essas localidades, mesmo havendo diferentes desafios para cada local. No Bairro dos Estados e Tambaú, por exemplo, fragilidades são constatadas no eixo ambiental, enquanto Manaíra apresenta desafios relacionadas à sustentabilidade econômica, em virtude dos elevados custos com a gestão de resíduos.

Nos bairros classe B, o ISGRSM apresentou desempenho moderado, com valores entre 0.51 e 0.60 (Figura 34). Apesar disso, os resultados encontrados apresentaram maior variação interna quando comparado aos encontrados para os bairros da classe A. Bancários e Treze de Maio atingiram os maiores valores de ISGRSM do grupo, 0.60 ambos. Este desempenho deve-se à maior solidez das ações de cunho social desenvolvidas nesses locais, como ações educativas para redução e aproveitamento dos resíduos e atuação de agentes socioambientais na coleta de recicláveis, reverberando na eficiência do subíndice social e, conseqüentemente, no valor global do índice.

Figura 34 - Resultado do ISGRSM dos setores classe B

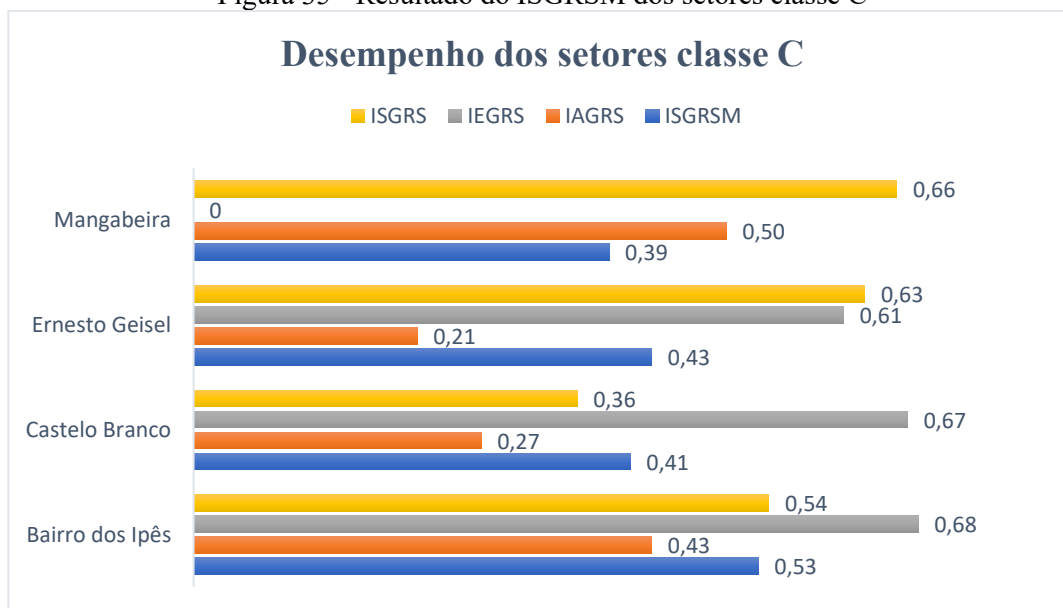


Fonte: Autora (2025)

O gerenciamento dos resíduos no bairro Torre revelou um desempenho mais modesto, com ISGRSM igual a 0.51. Tal resultado tem relação com o baixo desvio de resíduos do aterro sanitário, a limitada cobertura da coleta seletiva, a carência de pontos de entrega voluntária e a ausência de programas de educação ambiental sobre resíduos nessa região. Esse cenário demonstra que também há disparidades no desenvolvimento das políticas de resíduos, mesmo quando se trata de bairros de mesma classe socioeconômica.

Bairro dos Ipês, Castelo Branco, Ernesto Geisel e Mangabeira, apresentaram desempenhos de ISGRSM alternando entre “moderado” (Bairro dos Ipês) e “alerta” para os demais setores, conforme mostrado na Figura 35. Diversos fatores podem explicar a variabilidade dos resultados dentro de uma mesma classe, como as condições territoriais que impactam sobremaneira na eficiência da prestação dos serviços. Somado a isso, questões ambientais, econômicas e sociais também são intervenientes, como a quantidade de resíduos gerada, a existência de políticas de reciclagem que atuam fortalecendo o desvio dos resíduos dos aterros sanitários, o processo educativo que melhora a sensibilidade da população sobre as questões ambientais, bem como os custos associados ao manejo dos resíduos, que se relacionam com o volume gerado, rota de coleta traçada e infraestrutura do setor.

Figura 35 - Resultado do ISGRSM dos setores classe C



Fonte: Autora (2025)

O Bairro dos Ipês apresentou a melhor performance entre os setores classe C, com ISGRSM de 0,53, categorizando-o em moderado. Esse bairro destacou-se positivamente em relação à dimensão econômica, sobretudo por ter manifestado um dos menores custos com disposição de resíduos em aterro sanitário e com manejo de resíduos sólidos. Enquanto Mangabeira, apesar de ser um dos setores assistidos pela coleta seletiva e atuação dos catadores de materiais recicláveis, cenário que não é visto em outros bairros da classe, apresentou o pior desempenho do grupo, com ISGRSM igual a 0,39. Esse resultado se deve ao desempenho inexpressivo da dimensão econômica, onde o bairro se destacou com os maiores custos de disposição e manejo, repercutindo desfavoravelmente para a sustentabilidade do índice global. O desempenho encontrado para Mangabeira salienta que, a existência de políticas de reciclagem, sem efetivas taxas de recuperação, de participação social e de educação ambiental, não garante o avanço do gerenciamento dos resíduos, já que uma política deficitária impacta nos montantes gerados, descartados, e nos custos inerentes ao manejo.

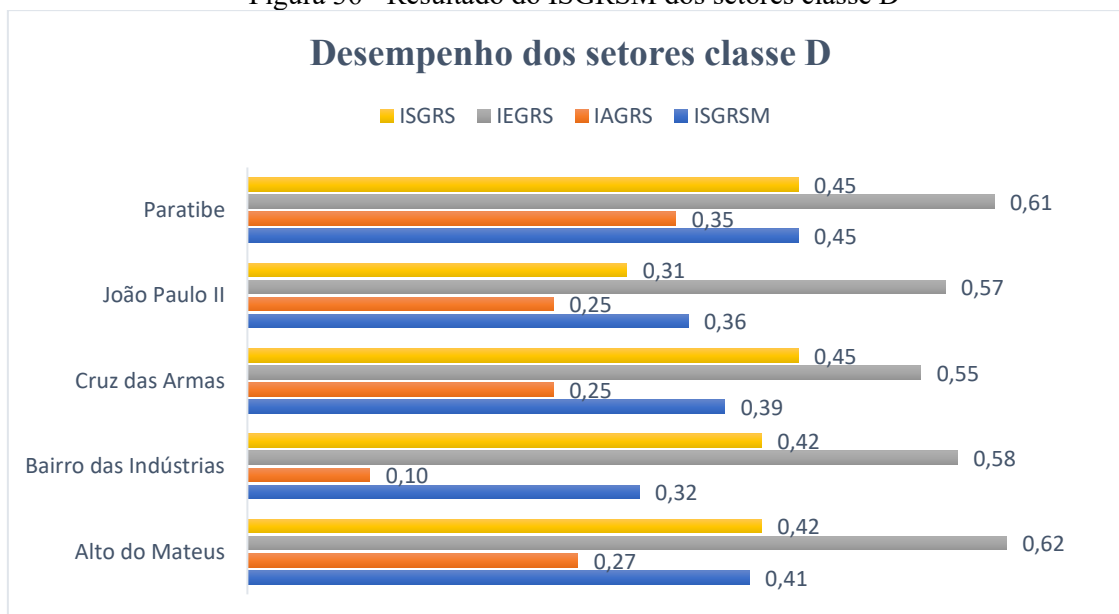
Outrossim, mesmo fazendo parte de uma mesma classe socioeconômica, os bairros classe C apresentam diferenças espaciais e em termos de infraestrutura que justificam alguns resultados. Mangabeira é um bairro extenso e com grande heterogeneidade populacional, refletindo em contrastes internos e vulnerabilidades que comprometem o desempenho final do índice. A coleta seletiva de Mangabeira ilustra essa realidade, uma vez que apenas 22% do bairro é atendido pelo programa e, mesmo assim,

apresentou uma recuperação pífia dos recicláveis em 2022 (125,22 t). Isso demonstra que há uma baixa mobilização social dos indivíduos que está associada não somente ao interesse pela iniciativa, mas também ao nível de escolaridade, renda e hábitos da população.

Os bairros pertencentes às classes D e E agrupam a parcela social mais vulnerável de João Pessoa, tanto em termos socioeconômicos, quanto estruturais, sendo regiões marcadas por barreiras ao acesso à educação de qualidade, à infraestrutura básica e à prestação de serviços públicos. A soma de todos esses fatores repercutiu no desempenho final do ISGRSM, com todos os bairros classificados em “alerta”.

Nos bairros classe D, a performance mais desfavorável foi observada para o Bairro das Indústrias, com ISGRSM igual a 0.32. Os demais setores apresentaram ligeira melhoria, mas permaneceram em situação de “alerta” (Figura 36). Esses desempenhos possuem contribuição do eixo ambiental, que demonstrou alta vulnerabilidade em todos os setores, sobretudo, no Bairro das Indústrias, onde o subíndice foi 0.10.

Figura 36 - Resultado do ISGRSM dos setores classe D

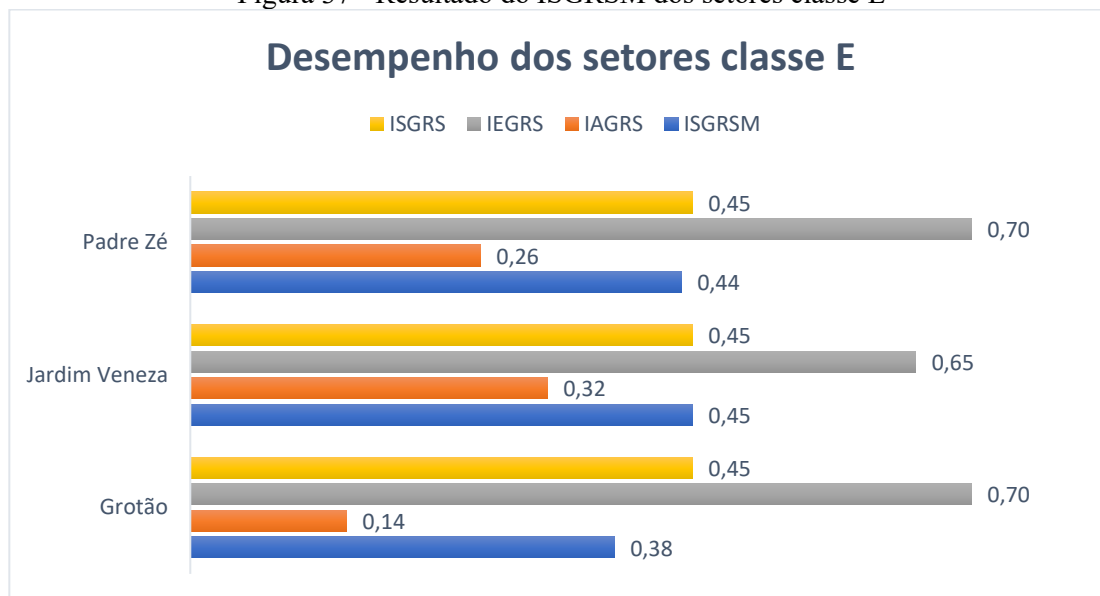


Fonte: Autora (2025)

O gerenciamento de resíduos dos bairros classe E apresentaram melhores desempenhos quando confrontado aos setores da classe D, contudo, mantiveram-se em estado de alerta. Grotão (0.38), Padre Zé (0.44) e Jardim Veneza (0.45) compartilham de baixos valores do ISGRSM e performance ambientais críticas. Contudo, o IEGRS

apresentou resultados medianos e estáveis, ajudando a justificar a discreta melhoria do índice para os bairros dessa classe socioeconômica (Figura 37).

Figura 37 - Resultado do ISGRSM dos setores classe E



Fonte: Autora (2025)

Apesar da maioria dos setores que compõem as classes D e E apresentarem baixa geração per capita de resíduos, isso não indica, isoladamente, uma condição sustentável. A forma como esses resíduos são gerenciados e a existência de políticas que promovam isso são fatores cruciais nessa discussão, isso porque foi constatada a ausência de estratégias municipais direcionadas para esses bairros, como programas de coleta seletiva, de compostagem, atuação de catadores de materiais recicláveis e educação ambiental local, que agravam a gestão sustentável. Como reflexo desse cenário, há uma destinação integral dos resíduos gerados ao aterro sanitário, sem qualquer forma de inserção na economia circular e de esforços para a redução do quantitativo gerado.

Devido à baixa atratividade econômica para a coleta seletiva nesses locais, explicada pela menor geração de recicláveis, os catadores – especialmente os informais – migram para os bairros de classes socioeconômicas mais altas, como A e B, implicando em uma maior recuperação da parcela reciclável nesses setores, e na ausência de aproveitamento em bairros menos abonados. Vinculado a isso, a falta de campanhas educativas e de engajamento da população nas pautas ambientais resultam no desinteresse pelo tema e pelas práticas de redução do consumo, segregação, reutilização e reciclagem. Esses vieses reforçam a importância da integração desses setores no planejamento municipal, de forma que garanta a inclusão no radar das ações sustentáveis de resíduos,

visando não apenas a minimização e o aproveitamento dos materiais gerados, mas também a justiça ambiental para que essas desigualdades sejam combatidas.

De forma geral, os principais gargalos foram identificados para o eixo ambiental, especialmente em relação às altas taxas de disposição de resíduos em aterro sanitário, decorrentes do baixo engajamento da população, e também da pouca ou nenhuma cobertura da coleta seletiva. Sabe-se a importância do envolvimento de residências e condomínios nesse processo, já que quanto maior a participação, maiores serão as taxas de recuperação da parcela reciclável e menores os volumes de resíduos aterrados (Urgal, 2022), portanto, a expansão do programa para outras regiões da capital pode contribuir para reverter esse cenário.

Costa *et al.* (2025) destacaram que no processo de implantação de iniciativas sustentáveis, uma das dificuldades é garantir que as ações sejam participativas e não se concentrem em grupos específicos, mas que beneficiem também grupos economicamente vulneráveis. Nesse contexto, as medidas devem ser pensadas de forma ampla e integrada, considerando as particularidades e o potencial de cada região. Aspectos institucionais e engajamento social podem ser combinados para potencializar a gestão, através do fortalecimento e ampliação do programa de coleta seletiva, da distribuição dos pontos de entrega voluntária (PEV), da qualificação da infraestrutura dos centros de triagem e, sobretudo, de campanhas de conscientização ambiental (Heydari *et al.*, 2021) e divulgação em redes sociais, televisivas e rádios (Meng *et al.*, 2019).

No âmbito institucional, políticas públicas, parcerias e cooperações intermunicipais podem melhorar a eficiência do sistema e auxiliar na continuidade das iniciativas (Blaeschke; Haug, 2018). O desenvolvimento de incentivos financeiros pode atrair indivíduos a aderirem e participarem dos programas de reciclagem (Kattoua; Al-Khatib; Kontogianni, 2019). Tais incentivos podem se materializar através de descontos em impostos, como o IPTU, ou por meio de sistemas de pontuação para troca em produtos ou serviços essenciais.

Além dos benefícios ambientais, a coleta diferenciada gera melhoria dos custos com o gerenciamento, ainda que a segregação se limite apenas à parcela reciclável (Campos-Alba *et al.*, 2021), pois há uma redução perceptível das despesas com coleta, transporte e aterramento dos resíduos.

Em uma perspectiva setorializada, os resultados do ISGRSM para os bairros classe A apontaram aspectos positivos e fragilidades relacionados ao gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares. Entre os elementos favoráveis, ressaltam-se a cobertura integral da

coleta indiferenciada de resíduos, a existência de coleta seletiva em todos os bairros da classe, com cobertura superando 60%; existência de PEVs em locais estratégicos, ampliando os pontos de recolhimento do recicláveis; além da atuação de catadores formalizados, que fortalece a inclusão social e a geração de renda previstas na Política Nacional de Resíduos (Brasil, 2010).

Apesar disso, ainda existem vulnerabilidades que precisam ser superadas. A elevada taxa de aterramento, entre 97 e 98%, revelam que a coleta seletiva e o engajamento social precisam ser consolidados para que mudanças sejam promovidas nesse cenário. Além disso, a carência de ações educativas pode ser um fator que influencia as baixas taxas de reciclagem e o aumento da geração per capita de resíduos.

Tran e Matsui (2022) apontaram que indivíduos com maior compreensão sobre a gravidade das questões ambientais e senso de responsabilidade tendem a ser mais comprometidos com a reciclagem. De fato, ao comparar as taxas de recuperação da parcela reciclável entre as classes que dispõem de coleta seletiva, percebe-se que os setores da classe A apresentaram resultados mais satisfatórios, revelando uma possível influência da percepção ambiental desses indivíduos na reciclagem.

Para as problemáticas identificadas nos bairros classe A, recomenda-se a adoção de estratégias direcionadas para esse público, já que abordagens padronizadas, como campanhas universais de reciclagem, podem não ser eficientes para solucionar os desafios relacionados à gestão de resíduos (Lye; Ng; Law, 2024). A sensibilização da população é o principal gargalo a ser trabalhado no Bairro dos Estados, Manaíra e Tambaú, pois nota-se que as ações educativas são pouco discutidas nesses locais, além da adesão ao programa de reciclagem que precisa ser fortalecido para ampliar a eficiência da coleta e gerar impactos positivos nas dimensões ambientais, econômicas e sociais.

Essa sensibilização pode ser implantada por meio de estratégias de comunicação que incorporem o perfil de geração da classe, a composição dos resíduos sólidos, o nível de escolaridade e a renda dos indivíduos (Galavote *et al.*, 2023), a exemplo de workshops e eventos de sensibilização à nível de setor (Tran; Matsui, 2022), campanhas em escala condominial, incentivos econômicos, por meio de descontos no IPTU de residências que comprovem a participação efetiva na coleta seletiva. Através da exposição da população à essas práticas, espera-se que os indivíduos se tornem mais conscientes e ajam de forma ambientalmente mais responsáveis (Perea, Piedrahita, Alzate, 2025).

Os bairros inseridos na classe B também apresentaram desempenhos ambientais limitados, sobretudo, devido à elevada taxa de aterramento, cobertura intermediária da

coleta seletiva, ausência de PEVs e de ações de coleta seletiva em todos os setores, com exceção dos Bancários. Em compensação, os indicadores de geração per capita, custos com disposição final e escolas atendidas pelas ações educativas, apresentaram resultados mais convenientes.

Esses setores apresentam perfis populacionais e processos de urbanização totalmente divergentes, onde o Altiplano caracteriza-se pela intensa verticalização e predominância de condomínio de alto padrão, enquanto os demais bairros da classe prevalece a horizontalização e/ou edificações de altura mediana. Nesse contexto, torna-se viável construir propostas sem generalizações e que considerem aspectos populacionais e urbano-espaciais dos setores.

No caso do Altiplano, que apresenta menor cobertura de coleta diferenciada, cerca de 29%, e requer a instalação de PEVs em locais estratégicos, recomenda-se a priorização da ampliação da cobertura da coleta diferenciada, para que um maior número de residências e condomínios sejam assistidos. Aliado a isso, a implantação de PEVs destinados ao recolhimento dos materiais com elevada geração nessas áreas, a exemplo do vidro, pode ser uma medida para viabilizar a expansão espacial da coleta.

Iniciativas de outros formatos podem ser assumidos, como treinamentos para desenvolver a capacidade cognitiva, criatividade e produtividade dos cidadãos (Gebrekidan, 2024), inclusive, à nível de condomínio, através da abordagens de temas sobre consumo consciente, segregação na fonte e compostagem doméstica; em consonância, com estratégias de comunicação visual em espaços comuns dos prédios, como folders de divulgação, dicas de sensibilização, métricas do desempenho ambiental e certificação ambiental (Salazar et al., 2024).

Na esfera institucional, propõe-se ao poder público intensificar a fiscalização e criar ferramentas digitais que facilitem solicitações e denúncias da população, como meios de coibir o descarte irregular de resíduos em terrenos baldios, prática constatada para os resíduos do coco, que teve uma presença expressiva na composição gravimétrica do Altiplano.

Para os demais bairros da classe socioeconômica B, é crucial investir em campanhas informativas e de divulgação sobre coleta seletiva, desenhadas para influenciar atitudes e comportamentos individuais (Alpizar *et al.*, 2020), em particular nos Bancários e Jardim Cidade Universitária, que são bairros universitários e com expressiva população jovem, que tende a apresentar maior comprometimento e engajamento com as causas ambientais.

O grupo de bairros que compõem a classe C revelou problemáticas não identificadas nas classes anteriores (A e B). Ressalvado o Bairro dos Ipês e Mangabeira, que estão incluídos no radar da coleta seletiva, Castelo Branco e Ernesto Geisel estão às margens dessas iniciativas. Nessas áreas, observa-se a ausência de catadores formalizados, baixa demanda de participação social, inexistência de atividades de conscientização ambiental e disposição de todos os resíduos gerados em aterro sanitário.

As limitações identificadas para o grupo C também foram constatadas para os bairros das classes D e E, sendo agravadas pela expressiva geração de resíduos orgânicos. Para enfrentar essas questões, as políticas públicas devem ser personalizadas ao perfil de geração dessas populações e implementadas de forma gradativa para garantir que os bairros mais vulneráveis sejam alcançados por essas ações.

Para Lye, Ng e Law (2024), as políticas devem ser idealizadas de acordo com o comportamento ambiental dos indivíduos. Para aqueles que demonstram iniciativa, mas apresentam baixo comprometimento ambiental, os autores sugerem que sejam trabalhadas habilidades e conhecimentos específicos, pois reconhecer o entusiasmo do indivíduo em desenvolver competências ambientais pode ser mais relevante do que possuir apenas um elevado perfil pró-ambiental.

A prioridade nessas áreas deve ser dada à conscientização ambiental para melhorar o comportamento da população em relação ao consumo e ao descarte. As abordagens devem ser lúdicas e adaptadas aos perfis individuais, e devem ser executadas em âmbito escolar e a nível comunitário, por meio de reuniões de bairros e ações desenvolvidas pela gestão municipal em parceria com iniciativas privadas e instituições de ensino.

No contexto escolar, o desenvolvimento de projetos de certificação ambiental pode ser uma aliada no comportamento pró-ambiental de crianças e adolescentes, e uma estratégia para ampliar as práticas sustentáveis da comunidade escolar (Salazar *et al.*, 2024). Além de promover mudanças de paradigmas, essa iniciativa é uma forma de reconhecer e valorizar o compromisso das instituições com as questões ambientais.

Em âmbito comunitário, uma alternativa para ampliar a participação social e o alcance da educação ambiental, seria a instituição de articuladores setoriais, como os presidentes de bairro. Esses líderes atuam nos bairros mais vulneráveis dando voz à população e, ao serem inseridos no processo educativo, podem contribuir no fortalecimento da comunicação entre comunidade, associações de catadores e gestão

pública municipal, mobilizando os indivíduos para o desenvolvimento das práticas sustentáveis e promovendo representatividade e senso de responsabilidade coletiva.

Além da implantação da coleta seletiva para a fração reciclável, esses bairros apresentam grande potencial para concepção de projetos de compostagem domiciliar e comunitária para recuperação da fração orgânica. Essas práticas podem ser estruturadas junto ao programa de educação ambiental, para orientar a comunidade sobre segregação de resíduos orgânicos, produção e uso do composto. De forma complementar, capacitações voltadas para o empreendedorismo dos subprodutos da compostagem podem representar uma oportunidade de renda para os moradores dessas regiões.

6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A análise setorizada do gerenciamento dos resíduos sólidos, por meio do Índice Setorizado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais (ISGRSM), é capaz de apontar as desigualdades no acesso aos serviços e programas, as lacunas e as potencialidades que dificilmente seriam capturadas em investigações generalizadas. Os resultados obtidos com a aplicação dessa ferramenta podem oferecer aos gestores públicos insights para a tomada de decisão e o aprimoramento das ações executadas, bem como direcionar a aplicação de recursos públicos de forma eficiente.

O ISGRSM, composto por 14 indicadores validados e hierarquizados por especialistas por meio das técnicas Delphi e AHP, revelou que os bairros de João Pessoa investigados apresentaram desempenhos de gerenciamento de resíduos variando entre moderado e alerta, com contrastes na prestação e no acesso aos serviços entre os diferentes setores socioeconômicos da capital. Os bairros classe A e B, por exemplo, apresentaram desempenhos moderados, enquanto os setores menos abonados (classes C, D e E), enquadraram-se em estado de alerta.

Os desempenhos do subíndice econômico se sobressaiu em relação às demais dimensões. Embora abaixo do ideal, prevaleceu uma sustentabilidade moderada, com Mangabeira apresentando desempenho crítico e que pode ter sido impactado pela elevada geração de resíduos nesse bairro. Por outro lado, o subíndice social foi a categoria que obteve resultados mais heterogêneos, variando entre desempenho “alerta”, “moderado” e “bom”. Ressalvado o Bancários e Tambaú, que manifestaram desempenhos categorizados como “bom”, em razão da cobertura integral da coleta de resíduos, atuação organizada dos catadores e da realização de campanhas ambientais no setor.

De forma geral, os eixos ambiental e social demonstraram maior fragilidade devido à cobertura restrita da coleta seletiva ou inexistência de iniciativas nos setores, baixo engajamento social, elevados percentuais de destinação dos resíduos para aterro sanitário e ausência de ações educativas. Esses desafios foram ainda mais acentuados nos bairros das classes C, D e E.

Reconhecendo a importância do tripé da sustentabilidade para uma gestão eficiente dos resíduos, sugere-se que as políticas públicas sejam pensadas de forma individualizada, a partir das urgências de cada setor e das características sociais e econômicas da população. Além disso, as ações devem ser personalizadas de acordo com a demanda setorial e devem concentrar-se na consolidação e expansão da coleta seletiva,

na implantação de projetos de compostagem comunitária, na instalação de PEVs para promover uma expansão territorial da coleta, nas campanhas de divulgação e conscientização em condomínios e comunidades, no desenvolvimento de incentivos para facilitar o engajamento da população, na realização de workshops e treinamentos, e na inclusão de representantes locais.

A disponibilidade de dados atualizados e sua concessão para análises mais detalhadas constituíram os principais desafios da pesquisa, sendo um dos principais gargalos de estudos dessa natureza, já que grande parte dos municípios não sistematizam seus dados. No cálculo de índices, a lacuna de informações pode levar à subestimação do desempenho real, comprometendo uma análise precisa dos reais desafios enfrentados por um local. Portanto, para superar essa limitação, a gestão pública deve, não apenas sistematizar dados, mas incorporar os indicadores e índices na rotina de monitoramento e controle das ações desenvolvidas, para que fragilidades sejam identificadas e progressivamente minimizadas.

Apesar das dificuldades mencionadas, a metodologia desenvolvida para o Índice Setorizado de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Municipais (ISGRSM) tem potencial para ser replicado em outros contextos municipais, mesmo que exija adaptações metodológicas à disponibilidade e qualidade dos dados. O estudo ainda abre espaço para que investigações futuras apliquem o índice nos demais setores de João Pessoa e em diferentes períodos, a fim de analisar e comparar a performance dos bairros, suas limitações e progressos em direção à sustentabilidade. Sugere-se ainda, que estudos vindouros considerem a aplicação dos indicadores que não foram determinados por indisponibilidade dos dados, para garantir a precisão da análise e a adequação do planejamento em cada setor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, I., MESIAS, F. J. The assessment of rural development: Identification of an applicable set of indicators through a Delphi approach. **Journal of Rural Studies**, v. 80, p. 578-585, 2020.

ABREU, L. A. **Termômetro da sustentabilidade: uma proposta metodológica com aplicação no estado da Paraíba**. 2022. 261 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2022.

ABYLKHANI, B., GUNEY, M., AIYMBETOV, B., YAGOFAROVA, A., SARBASSOV, Y., ZORPAS, A. A., VENETIS, C., INGLEZAKIS, V. Detailed municipal solid waste composition analysis for Nur-Sultan City, Kazakhstan with implications for sustainable waste management in Central Asia. **Waste and Biomass Management & Valorization**, v. 28, p. 24406–24418, 2021.

ADAMOVIĆ, V. M., ANTANASIJEVIĆ, D. Z., RISTIĆ, C. D., PERIĆ-GRUJIĆ, A. A., POCAJT, V. V. Prediction of municipal solid waste generation using artificial neural network approach enhanced by structural break analysis. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, p. 299-311, 2017.

ADELEKE, O. A., AKINLABI, S. A., JEN, T. C., DUNMADE, I. An overview of factors affecting the rate of generation and Physical Composition of Municipal Solid Waste. In: **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. IOP Publishing, 2021. p. 012096.

AGBEBAKU H. U., AFOLAYAN O. S., OJEIFO M. O., OKHAE E. S., ABU R. D. AHMAD, S., WONG, K. Y. Development of weighted triple-bottom line sustainability indicators for the Malaysian food manufacturing industry using the Delphi method. **Journal of Cleaner Production**, v. 229, p. 1167-1182, 2019.

AGBEBAKU, H. U. et al. An assessment of the variability of household income on volume of waste materials generated in Benin City, Edo State, Nigeria. **Nigerian Journal of Environmental Sciences and Technology**, v. 6, n. 2, p. 506-518, 2022.

AHMED, S.; ARIF, F.; HOSSAIN, M. Prediction of solid waste generation and finding the sustainable pathways in the city of Dhaka. **Management of Environmental**, v. 31, n. 6, p. 1587-1601, 2020.

AL LAHOU, A.; ALSABBAGH, M. Assessment of municipal solid waste management in the state of Kuwait. **International Journal of Environmental Science and Development**, v. 10, n. 2, p. 51-56, 2019.

ALGHAMDI. N., DEN HEIJER, A., DE JONGE, H. Assessment tools' indicators for sustainability in universities: an analytical overview (Review). **International Journal of Sustainability in Higher Education**, v. 18, n. 1, p. 84-115, 2017.

ALHUMID, H. A., HAIDER, H., ALSALEEM, S. S., SHAFIQUZAMMAN, M., SADIQ, R. Performance indicators for municipal solid waste management systems in

Saudi Arabia: selection and ranking using fuzzy AHP and PROMETHEE II. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 12, p. 1-23, 2019.

ALI, S. A., PARVIN, F., AL-ANSARI, N., PHAM, Q. B., AHMAD, A., RAJ, M. S., ANH, D. T., BA, L. H., THAI, V. N. Sanitary landfill site selection by integrating AHP and FTOPSIS with GIS: a case study of Memari Municipality, India. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, p. 7528–7550, 2021.

AL-KHATIB, I A., GUO, J., KUCHTA, K., DRAIDI, A., AMARA, S. Y. A., ALASSALI, A. Municipal solid waste composition and generation with emphasis on plastics in nablus city, Palestine. **Sustainability**, v. 15, n. 19, p. 14640, 2023.

ALZAMORA, B. R., BARROS, R. T. V., OLIVEIRA, L. K., GONÇALVES, S. S. Forecasting and the influence of socioeconomic factors on municipal solid waste generation: A literature review. **Environmental Development**, v. 44, p. 100734, 2022.

AMADOR-CRUZ, F.; FIGUEROA-RANGER, B. L.; OLVERA-VARGAS, M.; MENDONZA, M. E. A systematic review on the definition, criteria, indicators, methods and applications behind the Ecological Value term. **Ecological Indicators**, v. 129, 2021.

ANTUNES, Marcelo Moreira. **MÉTODO DELPHI: um guia teórico e prático para pesquisa aplicada**. Editora CRV, 2023.

ARABEYYAT, O. S., SHATNAWI, N., SHBOOL, M. A., SHRAAH, A. A. Landfill site selection for sustainable solid waste management using multiple-criteria decision-making. Case study: Al-Balqa governorate in Jordan. **MethodsX**, v. 12, 2024.

ARBULÚ, I., Rey-Maqueira, J., SATRE, F. The impact of TOURISM and seasonality on different types of municipal solid waste (MSW) generation: The case of Ibiza. **Heliyon**, v. 10, n. 13, 2024.

ASTLEITHNER, F., HAMEDINGER, A., HOLMAN, N., RYDIN, Y. Institutions and indicators – The discourse about indicators in the context of sustainability. **Journal of Housing and the Built Environment**, v. 19, n. 1, p. 7–24, 2004.

Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. **Perfil do Município de João Pessoa, PB**. Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2013. Disponível em: https://ideme.pb.gov.br/servicos/perfis-do-idhm/atlasidhm2013_perfil_joao-pessoa_pb.pdf. Acesso em: 15 de julho de 2023.

BARROS, R. T. D., SILVEIRA, A. V. F. Use of sustainability indicators for the assessment of urban solid waste management in Belo Horizonte's Metropolitan Region, MG, Brazil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, p. 411–423, 2019.

BECHROUNE, W., KHERROUR, L., BELAID, M., GOUMRASA, A. GIS-MCDM integrated approach for suitable landfill site selection: a case study of the southwestern part of Bejaia Province, Algeria. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 196, 2024.

BERTANZA, G.; ZILIANI, E.; MENONI, L. Techno-economic performance indicators of municipal solid waste collection strategies. **Waste Management**, v. 74, p. 86-97, 2018.

BLAESCHKE, F., HAUG, P. Does intermunicipal cooperation increase efficiency? A conditional metafrontier approach for the Hessian wastewater sector. **Local Government Studies**, v. 44, n. 1, p. 151-171, 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Indicadores Ambientais**. Brasília, 2020.

BURKI, M. A. K.; BURKI, U.; NAJAM, U. Environmental degradation and poverty: A bibliometric review. **Regional Sustainability**, v. 2, p. 324-336, 2021.

BYAMBA, B., ISHIKAWA, M. Municipal Solid Waste Management in Ulaanbaatar, Mongolia: Systems Analysis. **Sustainability**, v. 9, 2017.

CĂILEAN D., TEODOSIU C. An assessment of the Romanian solid waste management system based on sustainable development indicators. **Sustainable Production and Consumption**, v. 8, p. 45-56, 2016.

CAMPOS-ALBA, C. M., GARRIDO-RODRÍGUEZ, J. C., PLATA-DÍAZ, A. M., PÉREZ-LÓPEZ, G. The selective collection of municipal solid waste and other factors determining cost efficiency. An analysis of service provision by spanish municipalities. **Waste Management**, v. 134, p. 11-20, 2021.

CAPONI, V. The economic and environmental effects of seasonality of tourism: A look at solid waste. **Ecological Economics**, v. 192, 2022.

CASTRO, M., DA SILVA, N. M., & MARCHAND, G. Developing indicators for sustainable management of solid waste in Iranduba, Manacapuru and Novo Airao municipalities, Amazon, Brazil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, p. 415–426, 2015.

CAVALHEIRO, E. A., MACHADO, R. H., CASTRO, A. S., FALCK, L. R. Urban solid waste generation and GDP per capita: a global analysis through the lens of the environmental Kuznets curve. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v.17, n.3, p. 01-18, 2024.

CERVANTES, D. E. T., MARTÍNEZ, A. L., HERNÁNDEZ, M. C., CORTÁZAR, A. L. G. Using indicators as a tool to evaluate municipal solid waste management: A critical review. **Waste Management**, v. 80, p. 51–63, 2018.

CERVANTES, D. E. T., ROMERO, E. O., BERRIEL, M. D. H., MARTINEZ, A. L., SALAS, M. D. M., Lobo, A. Assessment of some governance aspects in waste management systems: A case study in Mexican municipalities. **Journal of Cleaner Production**, v. 278, 2021.

CHANG, P., HSU, C., CHANG, P. Fuzzy delphi method for evaluating hydrogen production technologies. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 36, p. 14172-14179, 2011.

CHEN, D., FAIBIL, D., AGYEMANG, M. Evaluating critical barriers and pathways to implementation of e-waste formalization management systems in Ghana: a hybrid BWM and fuzzy TOPSIS approach. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 35, p. 44561-44584, 2020.

CHEN, Y. Effects of urbanization on municipal solid waste composition. **Waste management**, v. 79, p. 828-836, 2018.

CHENG, J., SHI, F., YI, J., FU, H. Analysis of the factors that affect the production of municipal solid waste in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 259, 2020.

COBOS-MORA, S. L., GUAMÁN-AUCAPIÑA, J., ZÚÑIGA-RUIZ, J. Suitable site selection for transfer stations in a solid waste management system using analytical hierarchy process as a multi-criteria decision analysis: a case study in Azuay-Ecuador. **Environment, Development and Sustainability**, v. 25, p. 1944–1977, 2023.

COELHO, H. M. G., LANGE, L. C., COELHO, L. M. G. Proposal of an environmental performance index to assess solid waste treatment technologies. **Waste Management**, v. 32, p. 1473-1481, 2012.

COELHO, H. M. G., LANGE, L. C., JESUS, L. F. L., SARTORI, M. R. Proposta de um Índice de Destinação de Resíduos Sólidos Industriais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, p. 307-316, 2011.

COMERIO, N., NAGAI, H., PACICCO, F., SERATI, M. Tourism and waste management: An analysis of municipal solid waste. **International journal of tourism research**, v. 24, n. 1, p. 185-187, 2022.

COSTA, G. M. *et al.* Cidades inteligentes e práticas sustentáveis: uma revisão bibliográfica sobre inovação e responsabilidade ambiental. **Cadernos Cajuína**, v. 10, n. 1, 2025.

CURIEL-ESPARZA, J., MAZARIO-DIEZ, J. L., CANTO-PERELLO, J., MARTIN-UTRILLAS, M. Prioritization by consensus of enhancements for sustainable mobility in urban areas. **Environmental Science & Policy**, v. 55, p. 248-257, 2016.

CURRY, R. *et al.* Quantificação da digestão anaeróbica de matérias-primas para uma bioeconomia. **Waste and Resource Management**, v. 171, 2018.

D’ORAZIO, P., THOLE, S. Climate-related financial policy index: A composite index to compare the engagement in green financial policymaking at the global level. **Ecological Indicators**, v. 141, 2022.

DANACI, M., Yıldırım, U. Comprehensive analysis of lifeboat accidents using the Fuzzy Delphi method. **Ocean Engineering**, v. 278, 2023.

DENAFAS, G. Seasonal variation of municipal solid waste generation and composition in four East European cities. **Resources, conservation and recycling**, v. 89, p. 22-30, 2014.

DESWAL, M., LAURA, J. S. Role of informal sector in the dynamics of municipal solid waste compositional change from household to dumpsite. **International Journal of Environment and Waste Management**, v. 29, p. 313-323, 2022.

DEUS, R. M.; BEZERRA, B. S.; BATTISTELLE, R. A. G. Solid waste indicators and their implications for management practice. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 16, n. 2, p. 1129- 1144, 2019.

DIZDAROGLU, D. Developing micro-level urban ecosystem indicators for sustainability assessment. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 54, p. 119-124, 2015.

DUTTA, A., JINSART, W. Waste generation and management status in the fast-expanding Indian cities: A review. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 70, p. 491-503, 2020.

ECK, N. J. V.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, p. 523-538, 2010.

ELAMIN, M. O., WILLIAM, M. A., RAHAMTALLA, H., ALSHEHRI, A., ELAMIN, F. Evaluation of Households Practices Towards Solid Waste Management. **Pollution Research Paper**, v. 41, n. 3, p. 808-814, 2022.

ELSAID, S., AGHEZZAF, E. A progress indicator-based assessment guide for integrated municipal solid-waste management systems. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 20, p. 850–863, 2018.

EMLUR - AUTARQUIA ESPECIAL MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA. **Diagnóstico Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos**. João Pessoa, 2019.

EMLUR - Autarquia Especial Municipal de Limpeza Urbana. **Projeto Básico de Limpeza Urbana Autarquia Especial Municipal De Limpeza Urbana – Emlur (Anexo I)**. 2022. Disponível em: <https://transparencia.joaopessoa.pb.gov.br/licitacoes?id=5747>. Acesso em: 25 de nov. 2024.

ERIVAN, R., DARTUS, J., VILLATTE, G., MARCHEIX, P. S., DESCAMPS, S., BOISGARD, S. Bibliometric analysis of case report citations and their effect on the impact factor: How does publishing case reports impact journals? **Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research**, v. 106, n.8, p. 1463-1467, 2020.

ESCAMILLA-GARCÍA, P. E., Camarillo-Lopez, R. H., Carrasco-Hernandez, R., Fernandez-Rodríguez, E., Legal-Hernan, J. M. Technical and economic analysis of energy generation from waste incineration in Mexico. **Energy Strategy Reviews**, v. 31, 2020.

FERREIRA, D. C., MARQUES, R. C., PEDRO, M. I., AMARAL, C. Economic Inefficiency Levels of Urban Solid Waste Management Services in Portugal. **Sustainability**, v. 12, 2020.

FERRONATO, N., PORTILLO, M. A. G., LIZARAZU, E. G. G., TORRETTA, V., BEZZI, M., RAGAZZI, M. The municipal solid waste management of La Paz (Bolivia):

Challenges and opportunities for a sustainable development. **Waste Management e Research**, 36, p. 288–299, 2018.

FRATTA, K., TONELI, J., ANTONIO, G. C. Diagnosis of the management of solid urban waste of the municipalities of ABC Paulista of Brasil through the application of sustainability indicators. **Waste Management**, v. 85, p. 11–17, 2019.

FUSS, M., BARROS, R. T. V., POGANIETZ, W. R. Designing a framework for municipal solid waste management towards sustainability in emerging economy countries - An application to a case study in Belo Horizonte (Brazil). **Journal of Cleaner Production**, v. 178, p. 655–664, 2018.

GALAVOTE, T. et al. Avaliação do efeito do fortalecimento da coleta seletiva nos custos de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 15, 2023.

GALICIA, F. G., PAEZ, A. L. C., PADILLA, R. T. A Study and Factor Identification of Municipal Solid Waste Management in Mexico City. **Sustainability**, v. 11, 2019.

GAUTAM, H., GARG, R. J., TIWARI, S. A Tripple Bottom Line Assessment of Solid Waste Mangement System: An Application of AHP. **Social Development and Governance**, p. 92–106, 2023.

GEBREKIDAN, T. K. Environmental education in Ethiopia: History, mainstreaming in curriculum, governmental structure, and its effectiveness: A systematic review. **Heliyon**, v. 10, n. 9, 2024.

GHINEA, C. et al. Forecasting municipal solid waste generation using prognostic tools and regression analysis. **Journal of environmental management**, v. 182, p. 80-93, 2016.

GONÇALVES, Andriani Tavares Tenório. **Índice de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos para Apoio à Decisão em Municípios**. 2019. 193 f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2019.

GOPINATH, K. P., NAGARAJAN, V. M., KRISHNAN, A., MALOLAN, R. A critical review on the influence of energy, environmental and economic factors on various processes used to handle and recycle plastic wastes: Development of a comprehensive index. **Journal of Cleaner Production**, v. 274, 2020.

GRACHT, H. A. Consensus measurement in Delphi studies: Review and implications for future quality assurance. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 79, p. 1525-1536, 2012.

GRECO, G., CENCIARELLI, V. G., ALLEGRINI, M. Impactos do turismo nos custos da coleta de resíduos sólidos urbanos: evidências da Itália. **Journal of cleaner production**, v. 177, p. 62-68, 2018.

GREENE, K. L., TONJES, D. J. Quantitative assessments of municipal waste management systems: Using different indicators to compare and rank programs in New York State. **Waste Management**, v. 34, p. 825–836, 2014.

- GUERRINI, A.; CARVALHO, P.; ROMANO, G.; MARQUES, R. C.; LEARDINI, C. Assessing efficiency drivers in municipal solid waste collection services through a non-parametric method. **Journal of Cleaner Production**, v. 147, p. 431-441, 2017.
- GÜLMEZ, M.; OĞUZ, S.; YALÇINTAŞ, D. Bibliometric analysis of publications in the field of social innovation using visual mapping. **Suleyman Demirel University Vision Journal**. v. 11, p. 90-101, 2020.
- GUTBERLET, J.; BRAMRYD, T. GUTBERLET, Jutta; BRAMRYD, Torleif. Reimagining urban waste management: Addressing social, climate, and resource challenges in modern cities. **Cities**, v. 156, 2025.
- HAN, X.; WANG, P.; WANG, J.; QIAO, M.; ZHAO, X. Evaluation of human-environment system vulnerability for sustainable development in the Liupan mountainous region of Ningxia, China. **Environmental Development**, v. 34, 2020.
- HARFADLI, M. M., RAMADAN, B. S., ULIMAZ, M., RACHMAN, I., Matsumoto, T. Environmental impact and priority assessment of municipal solid waste management scenarios in Balikpapan City, Indonesia. **Cleaner Waste Systems**, v. 10, 2025.
- HEIDARI, R.; YAZDANPARAST, R.; JABBARZADEH, A. Sustainable design of a municipal solid waste management system considering waste separators: A real-world application. **Sustainable Cities and Society**, v. 47, 2019.
- HEYDARI, E., SOLHI, M., JANANI, L., FARZADKIA, M. Determinants of sustainability in recycling of municipal solid waste: Application of community-based social marketing (CBSM). **Challenges in Sustainability**, v. 9, p. 16-27, 2021.
- HIDALGO-CRESPO, J., AMAYA-RIVAS, J. L., RIBEIRO, I., SOTO, M., RIEL, A., ZWOLINSKI, P. Informal waste pickers in guayaquil: Recycling rates, environmental benefits, main barriers, and troubles. **Heliyon**, v. 9, n. 9, 2023.
- HO, L., LIE, T., LEONG, P. T. M., CLEAR, T. Developing offshore wind farm siting criteria by using an international Delphi method. **Energy Policy**, v. 113, p. 53-67, 2018.
- HONDROYIANNIS, G., SARDIANOU, E., NIKOU, V., EVANGELINOS, K., NIKOLAO, I. Recycling rate performance and socioeconomic determinants: Evidence from aggregate and regional data across European Union countries. **Journal of Cleaner Production**, v. 434, 2024.
- HU, X.; JI, Z.; GU, S.; MA, Z.; YAN, Z.; LIANG, Y.; CHANG, H.; LIANG, H. Mapping the research on desulfurization wastewater: Insights from a bibliometric review (1991–2021). **Chemosphere**, v. 314, 2023.
- HUANG, J., Zhang, S., ZOU, Y., TAI, J., SHI, Y., FU, B., ZHAO, J., QIAN, G. The heterogeneous time and income effects in Kuznets curves of municipal solid waste generation: comparing developed and developing economies. **Science of The Total Environment**, v. 799, 2021.

HUSSAIN, S., XUETONG, W., HUSSAIN, T., KHOJA, A. H., ZIA, M. Z. Assessing the impact of COVID-19 and safety parameters on energy project performance with an analytical hierarchy process. **Utilities Policy**, v. 70, 2021.

IBÁÑEZ-FORÉS, V., BOVEA, M. D., COUTINHO-NÓBREGA, C., MEDEIROS, H. R. Assessing the social performance of municipal solid waste management systems in developing countries: Proposal of indicators and a case study. **Ecological Indicators**, v. 98, p. 164–178, 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

İÇEN, H., ÇİL, N. Investigating municipal waste Kuznets curve for 22 OECD countries. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 195, 2023.

IZQUIERDO-HORNA, L., DAMAZO, M., YANAYACO, D. Proposal for social indicators to improve municipal solid waste management: A peruvian case study. **Transactions on Ecology and the Environment**, v. 247, p. 57–67, 2020.

JAIN, S., SHUKLA, S., WADHVANI, R. Dynamic selection of normalization techniques using data complexity measures. **Expert Systems with Applications**, v. 106, p. 252-262, 2018.

JOÃO PESSOA. **Frequentadores do Bessa recebem atividades do programa Amigos da Praia**. Prefeitura de João Pessoa, 01 fev. 2025. Disponível em: <https://www.joaopessoa.pb.gov.br/noticias/secretarias-e-orgaos/emlur-noticias/frequentadores-do-bessa-recebem-atividades-do-programa-amigos-da-praia/>. Acesso em: 05 ago. 2025.

JUÁREZ-HERNÁNDEZ, S. Energy, environmental, resource recovery, and economic dimensions of municipal solid waste management paths in Mexico City. **Waste Management**, v. 136, p. 321-336, 2021.

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, p. 1450–1454, 2020.

KABERA, T., WILSON, D. C., NISHIMWE, H. Benchmarking performance of solid waste management and recycling systems in East Africa: Comparing Kigali Rwanda with other major cities. **Waste Management & Research**, v. 37, p. 58–72, 2019.

KAGANSKIA, S., MAJAK, J., KARJUST, K. Fuzzy AHP as a tool for prioritization of key performance indicators. **ScienceDirect**, v. 72, p. 1227–1232, 2018.

KAJJOBA, D. *et al.* Prioritizing sustainability indicators for Uganda's built environment: Expert perspectives using the Delphi technique. **Results in Engineering**, v. 24, 2024.

KANSANGA, M. M.; AHMED, A.; KUUSAANA, E. D.; OTENG-ABABIO, M.; LUGINAAH, I. Of waste facility siting and relational geographies of place: Peri-urban landfills, community resistance and the politics of land control in Ghana. **Land Use Policy**, v. 96, 2020.

KATTOUA, M. G.; AL-KHATIB, I. A.; KONTOGIANNI, S. Barriers on the propagation of household solid waste recycling practices in developing countries: State of Palestine example. **Journal of material cycles and waste management**, v. 21, n. 4, p. 774-785, 2019.

KHADKA, R. et al. Factors influencing municipal solid waste generation and composition in Kathmandu metropolitan city, Nepal. **International Journal of Scientific and Research Publications**, v. 11, 2021.

KHAN, F., AHMED, W., NAJMI, A. Understanding consumers behavior intentions towards dealing with the plastic waste: Perspective of a developing country. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 142, p. 49-58, 2019.

KHAN, S., A, R., RAZA, S. T., BAZAI, N. A., IHTISHAM, M. Technologies for municipal solid waste management: Current status, challenges, and future perspectives. **Chemosphere**, v. 288, 2022.

KONG, Y., Liu, X., CUI, Q., XU, H., ALI, S. Resolving conflict and promoting coordination for an integrated old-age healthcare service system in China: GMCR-AHP based decision analysis approach. **Heliyon**, v. 10, 2024.

KWATRA, S., KUMAR, A., SHARMA, S., SHARMA, P. Stakeholder participation in prioritizing sustainability issues at regional level using analytic hierarchy process (AHP) technique: A case study of Goa, India. **Environmental and Sustainability Indicators**, v. 11, 2021.

KWON, E. E., KIM, S., LEE, J. Pyrolysis of waste feedstocks in CO₂ for effective energy recovery and waste treatment. **Journal of CO₂ Utilization**, v. 31, p. 173-180, 2019.

LATIF, R. A., MOHAMED, R., DAHLAN, A. H., NOR, H. M. Z. M. Using Delphi Technique: Making Sense of Consensus in Concept Mapping Structure and Multiple Choice Questions (MCQ). **Special Communication**, v. 8, 2016.

LEAL FILHO, W.; BRANDLI, L.; MOORA, H.; KRUIPIENÉ, J.; STENMARCK, A. Benchmarking approaches and methods in the field of urban waste management. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 4377-4386, 2016.

LI, X., CUNDY, A. B., CHEN, W., LYU, S. Systematic and bibliographic review of sustainability indicators for contaminated site remediation: Comparison between China and western nations. **Environmental Research**, v. 200, 2021.

LINDÉN, D., CINELLI, M., SPADA, M., BECKER, W., GASSER, P., BURGHER, P. A framework based on statistical analysis and stakeholders' preferences to inform weighting in composite indicators. **Environmental Modelling & Software**, v. 145, 2021.

LIU, B., ZHANG, L., WANG, Q. Demand gap analysis of municipal solid waste landfill in Beijing: Based on the municipal solid waste generation. **Waste Management**, v. 134, p. 42-51, 2021.

LOHANI, A. et al. Seasonal variation in solid waste composition and characteristics in a newly formed semi-urban municipality of Nepal. **Cleaner Waste Systems**, v. 10, 2025.

LOUKIL, F., ROUACHED, L. Waste collection criticality index in African cities. **Waste Management**, v. 103, p. 187-197, 2020.

LYE, C.; NG, T.; LAW, J. The role of general and specific pro-environmental education in household waste management in Malaysia: Evidence from quantile regression. **Environmental Challenges**, v. 15, p. 100933, 2024.

MAHANTY, S., BOONS, F., HANDL, J., BATISTA-NAVARRO, R. An investigation of academic perspectives on the 'circular economy' using text mining and a Delphi study. **Journal of Cleaner Production**, v. 319, 2021.

MANUEL, M. R.C., DAINA, A. B., ITZJAK, V. M., JUAN, P. P. Data set for the generation of strategies in the selection of renewable energies in Colombia: Evaluation of AHP and FAHP from regional potentials towards a sustainable future. **Data in Brief**, v. 59, 2025.

MARCHEZETTI, A. L., KAVISKI, E., BRAGA, M. C. B. Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 2, p. 173-187, 2011.

MARIO, V. F., GESKE, D., PETER, S., DOLORES, S. The effectiveness of inter-municipal cooperation for integrated sustainable waste management: A case study in Ecuador. **Waste Management**, v. 150, p. 208-2017, 2022.

MARLINA, E., HIDAYANTO, A. N., PURWANDARI, B. Towards a model of research data management readiness in Indonesian context: An investigation of factors and indicators through the fuzzy delphi method. **Library & Information Science Research**, v. 44, n. 1, 2022.

MARTINS, M. E. G. Quartis. **Revista Ciência Elementar**, v.2, 2014.

MARTINS, W. A. **Avaliação do ciclo de vida do programa de coleta seletiva do município de João Pessoa – PB**. 2017. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

MASSOUD, M. A.; MOKBEL, M. Determinants of waste characterization in Lebanon and material recovery potential. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 24, n. 5, p. 1913-1922, 2022.

MAURO, V.; GIUSTI, C.; MARCHETTI, S.; PRATESI, M. Does uncertainty in single indicators affect the reliability of composite indexes? An application to the measurement of environmental performances of Italian regions. **Ecological Indicators**, v. 127, 2021.

MBOOWA, D., QUERESHI, S., BHATTACHARJEE, C., TONNY, K., DUTTA, S. Qualitative determination of energy potential and methane generation from municipal solid waste (MSW) in Dhanbad (India). **Energy**, v. 123, p. 386-391, 2017.

MEDEIROS, J. E. S. F., PAZ, A. R da., MORAIS JÚNIOR, J. A. Análise da evolução e estimativa futura da massa coletada de resíduos sólidos domiciliares no município de João Pessoa e relação com outros indicadores de consumo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.20, n.1, p. 119-130, 2015.

MENDES, P., SANTOS, A. C., NUNES, L. M., TEIXEIRA, M. R. Evaluating municipal solid waste management performance in regions with strong seasonal variability. **Ecological Indicators**, v. 30, p. 170-177, 2013.

MENEZES, R. O., CASTRO, S. R., SILVA, J. B. G., TEIXEIRA, G. P., SILVA, M. A. M. Análise estatística da caracterização gravimétrica de resíduos sólidos domiciliares: estudo de caso do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, 2019.

MILUTINOVIC, B., STEFANOVIC, G., KYOSEVA, V., YORDANOVA, D., DOMBALOV, I. Sustainability assessment and comparison of waste management systems: The Cities of Sofia and Ni case studies. **Waste Management & Research**, v. 34, p. 896–904, 2016.

MISGANAW, A., TEFFERA, B. Development of DPSIRO framework indicators for municipal solid waste management: a case of Bahir Dar city, Ethiopia. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 23, p. 2101–2111, 2021.

MOLINOS-SENANTE, M.; DELGADO-ANTEQUERA, L.; GÓMEZ, T. Measuring the quality of service of water companies: A two-stage goal programming synthetic index proposal. **Socio-Economic Planning Sciences**, 2021.

MOREIRA, R. S., BARROS, J. D. S., DA SILVA, J. L. A., DE ARAÚJO, J. T., PORDEUS, A. V. Social-environmental sustainability in urban solid waste management: A case for study with the application of the pressure-state-impact-response model. **Espacios**, v. 38, 2017.

MORENO, C. M. R.; ARENAS BUELVAS, Daina; VEGA MACHADO, Itzjak; PACHECO PEÑA, Juan. Data set for the generation of strategies in the selection of renewable energies in Colombia: Evaluation of AHP and FAHP from regional potentials towards a sustainable future.

MUCHANGOS, L. S., TOKAI, A., HANASHIMA, A. Analyzing the structure of barriers to municipal solid waste management policy planning in Maputo city, Mozambique. **Environmental Development**, v. 16, p. 76-89, 2015.

NEVES, Raisa Rodrigues. **Avaliação da sustentabilidade da gestão dos resíduos sólidos urbanos de municípios paraenses**. 2022. 252 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Pará, Belém/PA, 2022.

NGUYEN, K. L. P., CHUANG, Y. H., CHEN, H. W., CHANG, C. C. Impacts of socioeconomic changes on municipal solid waste characteristics in Taiwan. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 161, 2020.

ODURO-APPIAH, K., SCHEINBERG, A., MENSAH, A., AFFUL, A., BOADU, H. K., VRIES, N. Assessment of the municipal solid waste management system in Accra, Ghana: A “Wasteaware” benchmark indicator approach”. **Waste Management & Research**, v. 35, p. 1149–1158, 2017.

OGWUELEKA, T. C. Survey of household waste composition and quantities in Abuja, Nigeria. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 77, p. 52-60, 2013.

OLAY-ROMERO, E., TURCOTT-CERVANTES, D. E., HERNANDEZ-BERRIEL, M. D., DE CORTAZAR, A. L. G., CUARTAS-HERNANDEZ, M., ROSA-GOMEZ, I. Technical indicators to improve municipal solid waste management in developing countries: A case in Mexico. **Waste Management**, v. 107, p. 201–210, 2020.

OLSEN, A. A. *et al.* How to use the Delphi method to aid in decision making and build consensus in pharmacy education. **Currents in Pharmacy Teaching and Learning**, v. 13, p. 1376-1385, 2021.

PAIM, E. S. **Análise de viabilidade para implantação de uma unidade de recuperação energética de resíduos sólidos urbanos em Campo Grande/MS**. 2020. 112 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Eficiência Energética e Sustentabilidade) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2020.

PÁRAMO-TELLE, O.; VENCE, X. Socioeconomic factors explaining municipal solid waste generation in Galicia. Similarities and differences between aggregate magnitudes and fractions. **Waste Management**, v. 201, 2025.

PAREKH, H., YADAV, K., YADAV, S., SHAH, N. Identification and assigning weight of indicator influencing performance of municipal solid waste management using AHP. **Ksce Journal of Civil Engineering**, v. 19, p. 36–45, 2015.

PARVEZ, K., AHAMMED, M. M. Development of an anaerobic digestibility index for organic solid wastes. **Biomass and Bioenergy**, v. 187, 2024.

PASSARINI, F., VASSURA, I., MONTI, F., MORSELLI, L., VILLANI, B. Indicators of waste management efficiency related to different territorial conditions. **Waste Management**, v. 31, p. 785–792, 2011.

PAULAUSKAITE-TARASEVICIENE, A., RAUDONIS, V., SUTIENE, K. Forecasting municipal solid waste in Lithuania by incorporating socioeconomic and geographical factors. **Waste Management**, v. 140, p. 31-39, 2022.

PEREA, H. R., PIEDRAHITA, A. R., ALZATE, O. E. T. Models of environmental awareness: exploring their nature and role in environmental education—a systematic review. **Heliyon**, v. 11, n. 13, 2025.

PEREIRA, S. S.; CURI, R. C.; CURI, W. F. Use of indicators in urban solid waste management: a methodological proposal of construction and analysis for cities and regions: application of the model. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, 2018.

PEREIRA, T. S., FERNANDINO, G. Evaluation of solid waste management sustainability of a coastal municipality from northeastern Brazil. **Ocean & Coastal Management**, v. 179, 2019.

PIMENTEL, C. H. L.; NÓBREGA, C. C.; JUCÁ, J. F. T.; PIMENTEL, U. H. O.; MARTINS, W. A. A gestão das rotas tecnológicas de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos no município de João Pessoa/PB. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 7063-7088, 2020.

PIMENTEL, Cristine Helena Limeira. **A Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos no Município de João Pessoa/PB - À Luz das Rotas Tecnológicas de Tratamento**. 2017. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

PINTO, F. S.; COSTA, A. S.; FIGUEIRA, J. R.; MARQUES, R. C. The quality of service: An overall performance assessment for water utilities. **Omega**, v. 69, p. 115-125, 2017.

POLAT, Z. A.; ALKAN, M.; PAULSSON, J.; PAASCH, J. M.; KALOGIANNI, E. Eftychia Kalogianni Global scientific production on LADM-based research: A bibliometric analysis from 2012 to 2020. **Land Use Policy**, v. 112, n. 105847, 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA. **Portal da Transparência: Receitas – Quadro Geral, 2022**. Disponível em: <https://transparencia.joaopessoa.pb.gov.br/#!/receitas/receitas-quadro-geral>. Acesso em: 10 jun. 2025.

PUTRI, N. S. R.; MUDA, K. Parameters of income level and season to determine the rate of household solid waste generation. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2023.

RAMACHANDRA, T. V., BHARATH, H.A., KULKARNI, G., HAN, S. S. Municipal solid waste: Generation, composition and GHG emissions in Bangalore, India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 1122-1136, 2018.

RAMOS, T. B., ALVES, I., SUBTIL, R., MELO, J. J. Environmental performance policy indicators for the public sector: The case of the defence sector. **Journal of Environmental Management**, v. 82, p. 410-432, 2007.

RANA, R., GANGULY, R., GUPTA, A. K. An assessment of solid waste management system in Chandigarh City, India. **Electronic Journal of Geotechnical Engineering**, v. 20, p. 1547–1572, 2015.

RANGGA, J. U., ISMAIL, S. N. S., RASDI, I., KARUPPIAH, K. Waste management costs reduction and the recycling profit estimation from the segregation programme in

Malaysia. **Pertanika Journal of Science and Technology**, v. 30, n. 2, p. 1457-1478, 2022.

REIS-FILHO, J. A., GUTBERLET, J., GIARRIZZO, T. Invisible Green Guardians: A long-term study on informal waste pickers' contributions to recycling and the mitigation of greenhouse gas emissions. **Cleaner Waste Systems**, v. 10, p. 100217, 2025.

RIGAMONTI, L.; STERPI, I.; GROSSO, M. Integrated municipal waste management systems: An indicator to assess their environmental and economic sustainability. **Ecological Indicators**, v. 60, p. 1–7, 2016.

RIPA, M., FIORENTINO, G., GIANI, H., CLAUSEN, A., Ulgiati, S. Refuse recovered biomass fuel from municipal solid waste. A life cycle assessment. **Applied Energy**, v. 186, p. 211-225, 2017.

RODRIGUES, A. P., FERNANDES, M. L., RODRIGUES, M. F. F., BORTOLUZZI, S. C., DA COSTA, S. E. G., LIMA, E. P. Developing criteria for performance assessment in municipal solid waste management. **Journal of Cleaner Production**, v. 186, p. 748–757, 2018.

SÁ, A. C. N. *et al.* Análise bibliométrica das tendências de pesquisas sobre indicadores aplicados à gestão de resíduos sólidos urbanos no período de 2010 a 2021. **Revista DAE**, v. 72, n. 244, p. 01-16, 2024.

SÁ, A. C. N., NÓBREGA, C. C., ALVES, N. B. P., SILVA, R. M. G. Utilização do método Delphi para validar indicadores de sustentabilidade da coleta seletiva. **Revista DAE**, v. 72, n. 245, p. 01-16, 2024.

SÁ, A. C. N., NÓBREGA, C. C., ALVES, N. B. P., SILVA, R. M. G., LACERDA, G. L. B. Indicadores de Sustentabilidade para Avaliação de Programas de Coleta Seletiva: estudo de caso na cidade de João Pessoa, Paraíba, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 28, p. 315-324, 2023.

SAATY, R. W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. **Mathematical Modelling**, v. 9, p. 161-176, 1987.

SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. São Paulo, SP. 1991.

SADATI, S. A., GETABI, P. Z., RABBANI, M. A sustainable modelling for solid waste management using analytical hierarchy process, Monte Carlo simulation and NSGA-III. **International Journal of Systems Science: Operations & Logistics**, v. 11, 2024.

SALAZAR, C. *et al.* Environmental education and children's pro-environmental behavior on plastic waste. Evidence from the green school certification program in Chile. **International Journal of Educational Development**, v. 109, p. 103106, 2024.

SANTIAGO, L. S., DIAS, S. M. F. Matrix of sustainability indicators for the urban solid waste management. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, p. 203–212, 2012.

SANTOS, C. S. A. *et al.* Consciência ambiental e percepção sobre os resíduos sólidos pelos residentes da Cidade de Coremas, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 117-121, 2017.

SEPLAG-PB - Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamento e Gestão. **Produto Interno Bruto dos Municípios do Estado da Paraíba: Resultados 2020**. 2022.

SEYIS, S. Mixed method review for integrating building information modeling and life-cycle assessments. **Building and Environment**, v. 173, 2020.

SHAHRASBI, A., SHOKOUHYAR, S., ZEIDYAHYAE, N. “Consumers’ behavior towards electronic wastes from a sustainable development point of view: An exploration of differences between developed and developing countries”. **Sustainable Production and Consumption**, v. 28, p. 1736-1756, 2021.

SHAPIRO-BENGTSEN, S., ANDERSEN, F. M., MÜNSTER, M., ZOU, L. Municipal solid waste available to the Chinese energy sector – Provincial projections to 2050. **Waste Management**, v. 112, p. 52-65, 2020.

SHARMA, D., GANGULY, R. Evaluation of existing solid waste management practices for Solan city-India. **Journal of Solid Waste Technology and Management**, v. 44, p. 32–42, 2018.

SHI, Y., WANG, Y., YUE, Y., ZHAO, J., MARASENI, T., QIAN, G. Unbalanced status and multidimensional influences of municipal solid waste management in Africa. **Chemosphere**, v. 281, 2021.

SHUKOR, S. A., NG, G. K. Environmental indicators for sustainability assessment in edible oil processing industry based on Delphi Method. **Cleaner Engineering and Technology**, v. 10, 2022.

SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade**, v. 5, n. 2, p. 137-148, 2007.

SILVA, C. DE O. *et al.* Resíduos sólidos urbanos de Maceió/AL: análise da composição gravimétrica sob influências sazonais. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 3, p. 426-439, 2020.

SILVA, G. P. C. *et al.* Analysis of the Gravimetric Composition of Urban Solid Waste from the Municipality of Belém/PA. **Sustainability**, v. 16, n. 13, p. 5438, 2024.

SILVA, M. M. A da. **Gestão de resíduos sólidos e a percepção ambiental acerca da temática sob a visão da população, catadores e gestores públicos de Pombal-PB**. 2024. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2024.

SILVA, L., PRIETTO, P. D. M., KORF, E. P. Sustainability indicators for urban solid waste management in large and medium-sized worldwide cities. **Journal of Cleaner Production**, v. 237, 2019.

- SILVA, R. M. G. *et al.* Indicadores de sustentabilidade para análise do gerenciamento dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 28, 2023.
- SIM, N. M., WILSON, D. C., VELIS, C. A., SMITH, S. R. Waste management and recycling in the former Soviet Union: The City of Bishkek, Kyrgyz Republic (Kyrgyzstan). **Waste Management & Research**, v. 31, p. 106–125, 2013.
- SINGH, T., NAIK, A., UPPALURI, R. V. S. Characterization of municipal solid waste generation and seasonal classification for various socio-demographic groups in Guwahati city. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 26, p. 1210-1230, 2024.
- SINGHAL, A., GUPTA, A. K., DUBEY, B., GHANGREKAR, M. M. Seasonal characterization of municipal solid waste for selecting feasible waste treatment technology for Guwahati city, India. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 72, n. 2, p. 147-160, 2022.
- SOLTANI, A.; HEWAGE, K.; REZA, B.; SADIQ, R. Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of municipal solid waste management: a review. **Waste Management**, v. 35, p. 318-328, 2015.
- SOUZA, R. H. M., RIBEIRO, V. O., DIODATO, J. O., SANTOS, A. C. Análise gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos do município de Dourados, MS. **Multitemas**, v. 27 n. 66, p. 215-237, 2022.
- STANISAVLJEVIC, N., VUJOVIC, S., ZIVANCEV, M., BATINIC, B., TOT, B., UBAVIN, D. Application of MFA as a decision support tool for waste management in small municipalities - case study of Serbia. **Waste Management & Research**, v. 33, p. 550–560, 2015.
- STERLING, S., PLONSKY, L., LARSSON, T., KYTÖ, M., YAW, K. Introducing and illustrating the Delphi method for applied linguistics research. **Research Methods in Applied Linguistics**, v. 2, 2023.
- SUAREZ-GARGALLO, C.; ZARAGOZA-SÁEZ, P. A comprehensive bibliometric study of the balanced scorecard. **Evaluation and Program Planning**, v. 97, 2023.
- SUN, J., ASARI, M. Economic incentive in enhancing community waste separation and collection: a panel data analysis in China. **Waste Management & Research**, v. 42, n. 2, p. 158-166, 2024.
- SUN, Y., GRIMES, S. The emerging dynamic structure of national innovation studies: a bibliometric analysis. **Scientometrics**, v. 106, p. 17-40, 2016.
- SZWARCWALD, C. L. *et al.* ConVid-Pesquisa de Comportamentos pela Internet durante a pandemia de COVID-19 no Brasil: concepção e metodologia de aplicação. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 37, p. e00268320, 2021.

Taelman, S.; Sanjuan-Delmás, D.; Tonini, D.; Dewulf, J. An operational framework for sustainability assessment including local to global impacts: Focus on waste management systems. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 162, 2020.

Taweesan, A., Koottatep, T., Polprasert, C. Effective Measures for Municipal Solid Waste Management for Cities in Some Asian Countries. **Exposure and Health**, v. 9, p. 125–133, 2017.

Torrente-Velásquez, J. M., Ripa, M., Chifari, R., Giampietro, M. Identification of inference fallacies in solid waste generation estimations of developing countries. A case-study in Panama. **Waste Management**, v. 126, p. 454-465, 2021.

Torres-Salinas, D.; Valderrama-Baca, P.; Arroyo-Machado, W. Is there a need for a new journal metric? Correlations between JCR Impact Factor metrics and the Journal Citation Indicator—JCI. **Journal of Informetrics**, v. 16, n. 3, 2022.

Tot, B., Vujčić, G., Srđević, Z., UbaVin, D., & Russo, M. A. T. Group assessment of key indicators of sustainable waste management in developing countries. **Waste Management and Research**, v. 35, p. 913–922, 2017.

Tran, V. C. M., Matsui, Y. Predicting the effect of promotion measures on waste separation behavior: a case study in Da Nang City, Vietnam. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 24, n. 1, p. 122-133, 2022.

Tsai, F. M., Bui, T., Tseng, M., Lim, M. K., Hu, J. Municipal solid waste management in a circular economy: A data-driven bibliometric analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 275, 2020.

Ungureanu, G., Ignat, G., Leonte, E., Costuleanu, C. L., Stanciu, N., Sandu, I. G., Donosa, D., Bejinariu, C. Solid Waste Management on Romanian Households. **Revista de Chimie**, v. 68, p. 2941–2947, 2017.

Urgal, Maria Aparecida Lopes. **Índice para a avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos no município de Porto Velho-RO: um olhar orientado à sustentabilidade**. 2022. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Porto Velho, 2022.

Usubiaga-Liaño, A., Ekins, P. Monitoring the environmental sustainability of countries through the strong environmental sustainability index. **Ecological Indicators**, v. 132, 2021.

Valenzuela-Levi, N. Waste political settlements in Colombia and Chile: power, inequality and informality in recycling. **Development and Change**, v. 51, n. 4, p. 1098-1122, 2020.

Veiga, T. B., Coutinho, S. D., Andre, S. C. S., Mendes, A. A., Takayanagui, A. M. M. Building sustainability indicators in the health dimension for solid waste management. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, V. 24, 2016.

- VELIS, C. A., WILSON, D. C., GAVISH, Y., GRIMES, S. M., WHITEMAN, A. Socio-economic development drives solid waste management performance in cities: A global analysis using machine learning. **Science of the Total Environment**, v. 872, p. 161913, 2023.
- VONGDALA, N., TRAN, H., XUAN, T. D., TESCHKE, R., KHANH, T. D. Heavy Metal Accumulation in Water, Soil, and Plants of Municipal Solid Waste Landfill in Vientiane, Laos. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 1, 2019.
- WARIS, M., Panigrahi, S., Mengal, A., S, M. I., MIRJAT, N. H., ULLAH, M., AZLAN, Z. S., KHAN, A. An Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) for Sustainable Procurement of Construction Equipment: Multicriteria-Based Decision Framework for Malaysia. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2019, 2019.
- WILSON, D. C., RODIC, L., COWING, M. J., VELIS, C. A., WHITEMAN, A. D., SCHEINBERG, A., VILCHES, R., MASTERSON, D., STRETZ, J., OELZ, B. “Wasteaware” benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. **Waste Management**, v. 35, p. 329–342, 2015.
- WORLD BANK. **What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050**. 2018.
- YANG, X., XU, Z., XU, J. Large-scale group Delphi method with heterogeneous decision information and dynamic weights. **Expert Systems with Applications**, v. 213, 2023.
- YAO, H.; ZHANG, C. A bibliometric study of China’s resource recycling industry policies: 1978–2016. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 134, p. 80-90, 2018.
- YASMEEN, R., SARFRAZ, M., SHAH, W. U. H., IVASCU, L., CIFUENTES-FAURA, J. The impact of public awareness, infrastructure, and technological development with economic growth on solid waste management of European countries: does governance quality matters. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 53, p. 113442-113456, 2023.
- YESILCAYIR, N., AYVAZOGLU, G., CELIK, S., PEKER, I. Transit warehouse location selection by IF AHP- TOPSIS integrated methods for disaster logistics: A case study of Turkey. **Research in Transportation Business & Management**, v. 57, 2024.
- YUSHENG, K., NTARMAH, A. H. Developing a rural ecological assessment index for Jiangsu Province, China. **Journal for Nature Conservation**, v. 64, 2021.
- YUSOFF , H. M., HENG, P. P., ILLIAS, M. R. H., KARRUPAYAH, S., FADHLI, M. A., HOD, R. A qualitative exploration and a Fuzzy Delphi validation of high-risk scaffolding tasks and fatigue-related safety behavioural deviation among scaffolders. **Heliyon**, v. 10, 2024.
- ZAMAN, A. U. Identification of key assessment indicators of the zero waste management systems. **Ecological Indicators**, v. 36, p. 682–693, 2014.

ZAMAN, A. U., LEHMANN, S. The zero waste index: a performance measurement tool for waste management systems in a 'zero waste city'. **Journal of Cleaner Production**, v. 50, p. 123-132, 2013.

ZARGAR, T. I., ALAM, P., KHAN, A. H., ALAM, S. S., ABUTALEB, A., HASAN, M. A., KHAN, N. A. Characterization of municipal solid waste: Measures towards management strategies using statistical analysis. **Journal of Environmental Management**, v. 342, 2023.

ZEN, I. S., NOOR, Z. Z., YUSUF, R. O. The profiles of household solid waste recyclers and non-recyclers in Kuala Lumpur, Malaysia. **Habitat International**, v. 42, p. 83-89, 2014.

ZENG, B., PEDRO FILHO, F. S., SOUSA, M. V., PATIL-DAKE, J, ARENHARDT, V. The Case of Brazil's Municipal Solid Waste Management: Residents' Perceptions. **The International Journal of Environmental Sustainability**, v. 13, 2017.

ZHANG, R. et al. Genetic algorithm optimised Hadamard product method for inconsistency judgement matrix adjustment in AHP and automatic analysis system development. **Expert Systems with Applications**, v. 211, 2023.

ZHAO, P., ALI, Z. M., AHMAD, Y. Developing indicators for sustainable urban regeneration in historic urban areas: Delphi method and Analytic Hierarchy Process (AHP). **Sustainable Cities and Society**, v. 99, 2023.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PRIMEIRA RODADA DELPHI

DESENVOLVIMENTO DE ÍNDICE DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS BASEADO NA SETORIZAÇÃO DA COLETA. ESTUDO DE CASO: JOÃO PESSOA-PB, BRASIL

Prezado Senhor (a),

Reconhecida a sua experiência e vivência profissional, convidamos a participar como especialista na temática de gestão de resíduos sólidos, área de pesquisa da tese intitulada “DESENVOLVIMENTO DE ÍNDICE DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS BASEADO NA SETORIZAÇÃO DA COLETA. ESTUDO DE CASO: JOÃO PESSOA-PB, BRASIL”. Este estudo está sendo desenvolvido por mim, Ana Cecília Novaes de Sá, aluna do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM) da Universidade Federal da Paraíba, sob orientação da docente Dra. Claudia Coutinho Nóbrega.

A proposta da pesquisa é desenvolver um índice capaz de avaliar o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) por bairros/setores dos municípios brasileiros. Com isso, a metodologia proposta considera as multifases da sustentabilidade, compreendendo os aspectos econômicos, ambientais, sociais e operacionais do manejo dos RSU. Essa ferramenta, além de inovadora, será capaz de fornecer um direcionamento para os gestores no que tange ao planejamento e a implementação de políticas públicas efetivas, visto que será capaz de pontuar condições específicas do gerenciamento do setor investigado.

Para atingir o objetivo proposto, pretende-se selecionar e validar os indicadores pertinentes para análise do gerenciamento dos RSU por bairros. Para tanto, será adotado um questionário no qual o especialista avaliará minuciosamente os indicadores propostos por meio de 3 vertentes: relevância do indicador para compor o índice, facilidade de interpretação e disponibilidade dos dados. Além disso, atribuirão pesos à cada dimensão da sustentabilidade (ambiental, econômica, social e operacional). Por fim, poderão sugerir a reformulação dos indicadores, a inclusão de indicadores/critérios omissos ou comentários gerais sobre as ferramentas.

Esta fase da pesquisa poderá contar com até duas etapas. A primeira consistirá no envio dos questionários aos pesquisadores, seguido de retorno dos questionários respondidos. Na segunda etapa, serão enviados os questionários com as sugestões propostas e o nível de convergência das opiniões, além disso, será solicitada a indicação de fonte de dados para alimentar os indicadores.

Observação: Para o êxito dessa etapa, precisaremos trabalhar com prazos. Desse modo, sugere-se o retorno do questionário respondido em até **10 dias úteis** a partir da data de recebimento.

Riscos aos participantes: a participação nesta pesquisa não traz complicações à sua dignidade, além de não oferecer riscos legais e éticos, no entanto, o senhor (a) pode sentir-

se desconfortável e/ou impaciente ao responder as perguntas; pode apresentar preocupação com possíveis procedimentos de privacidade sobre as informações fornecidas; ou ainda, não compreender ou não saber responder o que está sendo solicitado.

Contudo, esclarecemos que a sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o (a) senhor (a) não é obrigado (a) a fornecer informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelas pesquisadoras, podendo interromper o processo quando desejar, sem danos e prejuízos à pesquisa e a si próprio.

Reforçamos também que a confidencialidade e a privacidade serão asseguradas, onde as contribuições prestadas neste estudo serão utilizadas somente para fins de pesquisa e os nomes e demais informações dos participantes serão mantidos em sigilo. Caso ocorra danos decorrentes da sua participação, as pesquisadoras se responsabilizam em orientá-lo (a).

Benefícios aos Participantes: Ao participar desta pesquisa o senhor (a) não terá nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que este estudo traga informações capazes de auxiliar os gestores públicos e a comunidade acadêmica na identificação de falhas do processo de gerenciamento de resíduos; e que gere insights e estimule o desenvolvimento de novas pesquisas no campo de estudo.

Esse estudo também faz parte do projeto "Sustentabilidade de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos integrados a bioeconomia na cidade de João Pessoa/Paraíba/Brasil" - Chamada CNPq/MCTI/FNDCT N° 18/2021 - Faixa A - Grupos Emergentes n° 405112/2021-1.

Agradecemos a atenção e esperamos sua contribuição nesse estudo que apresenta grande relevância para atingir a sustentabilidade do gerenciamento de resíduos sólidos dos municípios brasileiros.

Conselho de Ética e Pesquisa – CEP/HULW

Endereço: Rua Tabelaio Stanislau Eloy, 585, 2º andar, Castelo Branco. João Pessoa/PB. Telefone: (83)3206-0704 Email: cep.hulw@ebserh.gov.br

*** Indica uma pergunta obrigatória**

1. Declaro que entendi os objetivos e condições do estudo e concordo em participar *

Marque todas que se aplicam.

- Sim, li e concordo em participar
 Não, li e não concordo em participar

2. Caso não esteja disponível para este estudo, gostaríamos que recomendasse outro especialista

INFORMAÇÕES GERAIS DO PARTICIPANTE

3. NOME COMPLETO

4. E-MAIL

5. GÊNERO

- Feminino
 Masculino
 Outro

6. FAIXA ETÁRIA

- 18 a 24 anos
 25 a 35 anos
 36 a 50 anos
 A partir de 51 anos
 Não gostaria de informar

7. MUNICÍPIO/ESTADO QUE RESIDE

8. FORMAÇÃO
MAIOR TITULAÇÃO

- Ensino Superior
- Especialização
- Mestrado
- Doutorado

9. ÁREA DE FORMAÇÃO E/OU ESPECIALIZAÇÃO

10. INSTITUIÇÃO QUE TRABALHA

- Municipal
- Estadual
- Federal
- Privada
- Profissional Liberal
- Outro

INSTRUÇÕES

Fundamentado na revisão de literatura, foi selecionado e adaptado um conjunto de indicadores correspondente às dimensões econômica, ambiental, social e operacional, que contemplam aspectos importantes do gerenciamento de resíduos sólidos.

Nesse sentido, solicita-se:

- a) Atribua a cada dimensão (ambiental, social, econômica e operacional) um **peso** que expresse a sua relevância para a construção da Sustentabilidade. A soma desses pesos deve ser igual a **10**. (Exemplo: 2 para a dimensão social, 3 para a dimensão econômica, 4 para a dimensão ambiental, 1 para a dimensão operacional)
- b) Avalie a **relevância** dos indicadores para analisar o impacto de interesse, ou seja, o grau de importância de um indicador para o tema.
- c) Avalie a **facilidade de interpretação** dos indicadores, em outras palavras, o grau de clareza para expressar os impactos para os formuladores de políticas públicas, gestores e partes interessadas.

Para realizar a avaliação citada nos itens **B e C**, atribua notas na escala de 1 a 5, conforme tabela abaixo:

Escala	Relevância	Facilidade de interpretação
5	Muito relevante	Muito alta
4	Relevante	Alta
3	Desejável	Moderada
2	Baixa relevância	Baixa
1	Irrelevante	Muito baixa

Atribua a cada dimensão (ambiental, social, econômica e operacional) um **peso** que expresse a sua relevância para a construção da Sustentabilidade. O somatório dos pesos deve ser igual a 10.

DIMENSÃO AMBIENTAL

1. Geração per capita de resíduos sólidos (kg/hab./ano)

Fórmula: Quantidade anual de resíduos urbanos gerados / População do setor

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Geração de resíduos por composição (frações): orgânicos, papel, plásticos, metais e outros - %

Fórmula: Quantidade de componentes específicos de RSU (vidro, metal, orgânicos, papel, plástico, etc.)/Quantidade total de RSU x 100

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3 Massa coletada per capita de Resíduo Sólido Urbano (kg/hab./dia)

Fórmula: quantidade de resíduos urbanos coletados no setor/população do setor

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4 Quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados anualmente no setor (t/ano)

Fórmula: Quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados no setor / ano

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5 Taxa de coleta seletiva porta a porta em relação à população do setor - %

Fórmula: População atendida pela coleta seletiva porta a porta/População do setor x 100

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Existência de coleta seletiva no setor (qualitativo)

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Existência de ponto de entrega voluntária de recicláveis no setor (pevs) - (qualitativo)

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8 Tonelagem anual de RSU depositado em aterro sanitário (t/ano)

Fórmula: Quantidade de RSU do setor depositado em aterro sanitário/ ano

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9 Taxa de disposição em aterros (%)

Fórmula: Quantidade de resíduos depositados em aterros / Quantidade de resíduos coletados x 100

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10 Resíduos aterrados per capita (t/hab)

Fórmula: Quantidade de resíduos aterrados/população do setor

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11 Emissões de gases de efeito estufa (GEE) geradas por tonelada de resíduo (GEE/tonelada de resíduo)

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

12 Eficiência da coleta (t/h)

Fórmula: Quantidade de resíduos coletados por dia / tempo gasto para coleta

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

13 Eficiência da rota de coleta (km/ton)

Fórmula: Distância percorrida / tonelada de resíduo sólido coletada

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Espaço aberto para proposta de novos indicadores e/ou para demais observações

DIMENSÃO ECONÔMICA

14 Custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário (R\$/ano)

Fórmula: Despesas envolvidas com disposição final dos resíduos sólidos em aterro sanitário/ano

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15 Custo anual do serviço de gerenciamento de resíduos sólidos (R\$/ano)

Fórmula: Custos envolvidos com todas as etapas de gerenciamento de resíduos sólidos do setor/ano

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16 Despesas com gestão de resíduos per capita (R\$/hab./ano)

Fórmula: Despesa total com serviços de manejo de RSU/população total do setor

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17 Custo por tonelada descartada (R\$/t)

Fórmula: Custo total de disposição do RSU em aterro / quantidade de resíduos dispostos por mês

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18 Custo anual do serviço de gerenciamento de resíduos sólidos (R\$/ano)

Fórmula: Custos envolvidos com todas as etapas de gerenciamento de resíduos sólidos do setor/ano

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

19 Despesas com gestão de resíduos per capita (R\$/hab./ano)

Fórmula: Despesa total com serviços de manejo de RSU/população total do setor

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

20 Custo por tonelada descartada (R\$/t)

Fórmula: Custo total de disposição do RSU em aterro / quantidade de resíduos dispostos por mês

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

21 Percentual da receita arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gerenciamento de RSU por setor (R\$/hab./ano)

Fórmula: (Receita arrecada/receita prevista) * 100

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Espaço aberto para proposta de novos indicadores e/ou para demais observações

DIMENSÃO SOCIAL

22 População atendida pela coleta regular de resíduos (%)

Fórmula: População atendida pela coleta regular / população do setor x 100

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

23 Existência de Catadores de Materiais Recicláveis das Associações e/ou Cooperativas no Setor (Qualitativo)

Fórmula: Existência de catadores vinculados à associações e/ou cooperativas atuando no setor

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

24 Satisfação da população em relação à coleta de resíduos domiciliares (frequência e horário)

Fórmula: A população está satisfeita em relação à frequência e ao horário da coleta?

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

25 Capacidade de resposta às reclamações dos usuários (%)

Fórmula: Número total de reclamações de manejo de resíduos resolvidas em 24 h/Número total de reclamações de manejo de resíduos recebidas em 24 h x 100

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

26 Campanhas de conscientização porta a porta no setor (Qualitativo)

Fórmula: Existência de campanhas de conscientização porta a porta no setor

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

27 Frequência da coleta de resíduos sólidos urbanos no setor (dias/semana)

Fórmula: Quantidade de dias da semana que há coleta no setor

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

28 Percentual da área do setor atendida pela coleta domiciliar de resíduos (%)

Fórmula: N° de ruas do setor atendidas pela coleta de resíduos / n° total de ruas do setor x 100

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

29 Parcela de escolas municipais do setor que implementam programas de conscientização sobre resíduos (%)

Fórmula: Número de escolas do setor que implementam programas de conscientização sobre resíduos / total de escolas do setor x 100

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO SEGUNDA RODADA DELPHI

DESENVOLVIMENTO DE ÍNDICE DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS BASEADO NA SETORIZAÇÃO DA COLETA. ESTUDO DE CASO: JOÃO PESSOA-PB, BRASIL

Segunda Rodada

Prezado Senhor (a),

Queremos expressar nossa gratidão pela sua participação e pelas valiosas contribuições feitas durante a primeira rodada de aplicação do questionário. Você está recebendo este questionário como parte da segunda rodada desta fase do estudo, que tem como objetivo estruturar um conjunto de indicadores pertinentes para compor um índice voltado à análise do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos por bairros.

Esse formulário traz os resultados obtidos na primeira rodada de aplicação do questionário, os quais foram essenciais para realizarmos ajustes, inclusões e exclusões dos indicadores. Baseado nas modificações propostas a partir da Rodada 1, convidamos você para avaliar, novamente, os indicadores. As instruções para o preenchimento do documento encontram-se expostos abaixo.

Observação: Para o êxito dessa etapa, precisaremos trabalhar com prazos. Deste modo, sugere-se o retorno do questionário respondido em até **10 dias úteis** a partir da data de recebimento. Agradecemos a atenção e esperamos sua contribuição neste estudo que apresenta grande relevância para atingir a sustentabilidade do gerenciamento de resíduos sólidos dos municípios brasileiros.

Nome *

Instruções de Preenchimento do Questionário

Etapa 1: Analisar os resultados alcançados na primeira rodada e as modificações realizadas nos indicadores.

Etapa 2: Refletir a possibilidade de alterar as notas atribuídas à relevância e à facilidade de interpretação dos indicadores, com base nas médias alcançadas na primeira rodada.

As alterações realizadas, assim como os dados estatísticos, estão organizadas em cada seção correspondente à dimensão em questão, no formato de tabelas. Essas tabelas apresentam detalhes sobre as sugestões propostas, descrevendo como os indicadores eram antes das sugestões (1ª etapa) e como estão após as considerações (2ª rodada). Solicitamos que examine cuidadosamente essas mudanças e, caso não concorde, disponibilizaremos um espaço destinado à possíveis recomendações.

Vale ressaltar que alguns indicadores foram excluídos por não atingirem o nível de consenso estabelecido.

O consenso de que um indicador é relevante foi definido considerando o somatório das notas 4 e 5 forem $\geq 75\%$, enquanto a facilidade de interpretação foi considerada quando o somatório das notas 4 e 5 forem $\geq 50\%$.

Nesse sentido, solicita-se nesta rodada que o senhor (a):

- a) Atribua a cada dimensão (ambiental, social, econômica e operacional) um **peso** que expresse a sua relevância para a construção da Sustentabilidade. A soma desses pesos deve ser igual a **10**. (Exemplo: 2 para a dimensão social, 3 para a dimensão econômica, 4 para a dimensão ambiental, 1 para a dimensão operacional)

- b) Avalie a **relevância** dos indicadores e a **disponibilidade dos dados**, conforme os valores médios obtidos na primeira rodada e atribua notas na escala de 1 a 5, conforme tabela abaixo:

Escala	Relevância	Facilidade de interpretação
5	Muito relevante	Muito alta
4	Relevante	Alta
3	Desejável	Moderada
2	Baixa relevância	Baixa
1	Irrelevante	Muito baixa

- 1. Atribua a cada dimensão (ambiental, social, econômica e operacional) um peso que expresse a sua relevância para a construção da Sustentabilidade. O somatório dos pesos deve ser igual a 10.**

DIMENSÃO AMBIENTAL

Analise os valores médios obtidos na primeira rodada para cada indicador e atribua um valor, que na sua opinião, seria o mais adequado. Caso não concorde com os resultados obtidos, ou considere a permanência do indicador desnecessária, solicitamos que justifique no campo destinado às observações.

1 Geração per capita de resíduos sólidos (kg/hab./ano)

Fórmula: Quantidade anual de resíduos urbanos gerados / População do setor

Relevância		Facilidade de Interpretação		SITUAÇÃO
Média	∑ 4 e 5	Média	∑ 4 e 5	
4.4	84%	4.04	72%	Aceito sem ressalvas

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2 Geração de resíduos por composição (frações): orgânicos, papel, plásticos, metais e outros - %

Fórmula: Quantidade de componentes específicos de RSU (vidro, metal, orgânicos, papel, plástico, etc.)/Quantidade total de RSU x 100

De acordo com a observação levantada, o indicador deverá permanecer na pesquisa?

Relevância		Facilidade de Interpretação		SITUAÇÃO
Média	∑ 4 e 5	Média	∑ 4 e 5	
4.28	80%	3.76	52%	Considerado um indicador de difícil padronização, devido a difusão de informações

Marque todas que se aplicam.

Sim
 Não

Caso o indicador deva permanecer, reavalie a relevância e a facilidade de interpretação

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3 Massa coletada per capita de Resíduo Sólido Urbano (kg/hab./dia)

Fórmula: quantidade de resíduos urbanos coletados no setor/população do setor

Relevância		Facilidade de Interpretação		SITUAÇÃO
Média	∑ 4 e 5	Média	∑ 4 e 5	
3.64	68%	3.52	48%	EXCLUÍDO POR FALTA DE CONSENSO

4 Quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados anualmente no setor (t/ano)

Fórmula: Quantidade de resíduos sólidos urbanos coletados no setor / ano

Semelhante ao indicador "Geração per capita de resíduos sólidos (kg/hab./ano)". De acordo com a comparação, qual indicador deverá permanecer na pesquisa?

Relevância		Facilidade de Interpretação		SITUAÇÃO
Média	∑ 4 e 5	Média	∑ 4 e 5	
4.32	80%	4.28	76%	Semelhante ao Indicador 01. Foi sugerido que permanecesse os indicadores relacionados à população.

- Marque todas que se aplicam.*
- Geração per capita de resíduos sólidos (kg/hab./ano)
- Quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados anualmente no setor (t/ano)
- Ambos

Caso o indicador deva permanecer, reavalie a relevância e a facilidade de interpretação

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5 Taxa de coleta seletiva porta a porta em relação à população do setor - %

Fórmula: População atendida pela coleta seletiva porta a porta/População do setor x 100

Relevância		Facilidade de Interpretação		SITUAÇÃO
Média	∑ 4 e 5	Média	∑ 4 e 5	
4.32	84%	3.92	64%	Dificuldade na disponibilidade dos dados

- De acordo com a questão levantada, o indicador deverá permanecer na pesquisa?
- Sim
- Não

Caso o indicador deva permanecer, reavalie a relevância e a facilidade de interpretação

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Existência de coleta seletiva no setor (qualitativo)

Relevância		Facilidade de Interpretação	
Média	∑ 4 e 5	Média	∑ 4 e 5
4.2	80%	3.8	64%

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Existência de Ponto de Entrega Voluntária de Recicláveis no setor (PEVs) - (qualitativo)

Relevância		Facilidade de Interpretação	
Média	∑ 4 e 5	Média	∑ 4 e 5
4.16	80%	3.72	56%

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Tonelagem anual de RSU depositado em aterro sanitário (t/ano)

Fórmula: Quantidade de RSU do setor depositado em aterro sanitário/ ano

Relevância	Facilidade de Interpretação	SITUAÇÃO
------------	-----------------------------	----------

Média	∑4 e 5	Média	∑4 e 5	EXLUÍDO POR FALTA DE CONSENSO
4.16	72%	4.08	76%	

9. Taxa de disposição em aterros (%)

Fórmula: Quantidade de resíduos depositados em aterros / Quantidade de resíduos coletados x 100

Relevância		Facilidade de Interpretação		SITUAÇÃO
Média	∑ 4 e 5	Média	∑ 4 e 5	
4.6	84%	3.92	76%	Especialistas alegaram que o indicador não avalia a real destinação dos rejeitos como determina a lei, já que em tese, a maioria dos resíduos coletados são destinados para o aterro sanitário

De acordo com a observação levantada, o indicador deverá permanecer na pesquisa?

Sim
 Não

Caso o indicador deva permanecer, reavalie a relevância e a facilidade de interpretação

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Resíduos aterrados per capita (t/hab)

Fórmula: Quantidade de resíduos aterrados/população do setor

Relevância		Facilidade de Interpretação		SITUAÇÃO
Média	∑ 4 e 5	Média	∑ 4 e 5	
4.12	76%	3.8	68%	Considerado semelhante ao Indicador "Taxa de disposição em aterros"

De acordo com a comparação, qual indicador deverá permanecer na pesquisa?

- Taxa de disposição em aterro (%)
- Resíduos aterrados per capita (t/hab)
- Ambos
- Nenhum dos indicadores

Caso o indicador deva permanecer, reavalie a relevância e a facilidade de interpretação

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

11. Emissões de gases de efeito estufa (GEE) geradas por tonelada de resíduo (GEE/tonelada de resíduo)

Relevância		Facilidade de Interpretação		SITUAÇÃO
Média	∑ 4 e 5	Média	∑ 4 e 5	
3.96	72%	3.76	40%	EXCLUÍDO POR FALTA DE CONSENSO

12. Eficiência da coleta (t/h)

Fórmula: Quantidade de resíduos coletados por dia / tempo gasto para coleta

Relevância		Facilidade de Interpretação		OBSERVAÇÃO
Média	∑ 4 e 5	Média	∑ 4 e 5	
3.92	68%	3.56	56%	EXCLUÍDO POR FALTA DE CONSENSO

13. Eficiência da rota de coleta (km/ton)

Fórmula: Distância percorrida / tonelada de resíduo sólido coletada

Relevância		Facilidade de Interpretação		OBSERVAÇÃO
Média	∑ 4 e 5	Média	∑ 4 e 5	
4	72%	3.6	52%	EXCLUÍDO POR FALTA DE CONSENSO

Espaço aberto para proposta de novos indicadores e/ou para demais observações

DIMENSÃO ECONÔMICA

Analise os valores médios obtidos na primeira rodada para cada indicador e atribua um valor, que na sua opinião, seria o mais adequado. Caso não concorde com os resultados obtidos, ou considere a permanência do indicador desnecessária, solicitamos que justifique no campo destinado às observações.

14. Custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário (R\$/ano)

Fórmula: Despesas envolvidas com disposição final dos resíduos sólidos em aterro sanitário/ano

Relevância		Facilidade de Interpretação		OBSERVAÇÃO
Média	Σ 4 e 5	Média	Σ 4 e 5	
4.32	80%	3.92	60%	Semelhante ao Indicador "Despesas com gestão de resíduos per capita (R\$/hab./ano)"

De acordo com a comparação, qual indicador deverá permanecer na pesquisa?

Marque todas que se aplicam.

- Custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário (R\$/ano)
- Despesas com gestão de resíduos sólidos per capita (R\$/hab.ano)
- Ambos
- Nenhum dos indicadores

Caso o indicador deva permanecer, reavalie a relevância e a facilidade de interpretação

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Custo anual do serviço de gerenciamento de resíduos sólidos (R\$/ano)

Fórmula: Custos envolvidos com todas as etapas de gerenciamento de resíduos sólidos do setor/ano

Relevância		Facilidade de Interpretação		OBSERVAÇÃO
Média	Σ 4 e 5	Média	Σ 4 e 5	
4.24	80%	3.92	64%	Indicador semelhante ao "Despesas com gestão de resíduos per capita (R\$/hab./ano)"

De acordo com a comparação, qual indicador deverá permanecer na pesquisa?

- Custo anual do serviço de gerenciamento de resíduos sólidos (R\$/ano)
- Despesas com gestão de resíduos sólidos per capita (RS/hab.ano)
- Ambos
- Nenhum dos indicadores

Caso o indicador deva permanecer, reavalie a relevância e a facilidade de interpretação

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. Despesas com gestão de resíduos per capita (R\$/hab./ano)

Fórmula: Despesa total com serviços de manejo de RSU/população total do setor

Relevância		Facilidade de Interpretação		OBSERVAÇÃO
Média	Σ 4 e 5	Média	Σ 4 e 5	
4.32	88%	3.68	56%	Situação Anterior. Caso tenha optado pela permanência deste indicador, avaliá-lo.

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. Custo por tonelada descartada (R\$/t)

Fórmula: Custo total de disposição do RSU em aterro / quantidade de resíduos dispostos por mês

Relevância		Facilidade de Interpretação		OBSERVAÇÃO
Média	Σ 4 e 5	Média	Σ 4 e 5	
4.08	76%	3.76	72%	Semelhante ao Indicador "Custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário (R\$/ano)"

De acordo com a comparação, qual indicador deverá permanecer na pesquisa?

- Custo total anual da disposição na dos RSU em Aterro Sanitário (R\$/ano)
- Custo por tonelada descartada (R\$/t)
- Ambos
- Nenhum dos indicadores

Caso o indicador deva permanecer, reavalie a relevância e a facilidade de interpretação

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

18. Percentual da receita arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gerenciamento de RSU por setor (R\$/hab./ano)

Fórmula: Receita arrecadada/receita prevista * 100

Relevância		Facilidade de Interpretação		OBSERVAÇÃO
Média	∑ 4 e 5	Média	∑ 4 e 5	
4.2	80%	3.56	56%	Aceito sem ressalvas

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Espaço aberto para proposta de novos indicadores e/ou para demais observações

DIMENSÃO SOCIAL

19. População atendida pela coleta regular de resíduos (%)

Fórmula: População atendida pela coleta regular / população do setor x 100

Relevância		Facilidade de Interpretação		SITUAÇÃO
Média	Σ 4 e 5	Média	Σ 4 e 5	
4.48	88%	4	76%	Semelhante ao indicador operacional "Percentual da área do setor atendida pela coleta domiciliar de resíduos (%)"

De acordo com a semelhança apontada, qual indicador deverá permanecer na pesquisa?

Marque todas que se aplicam.

- População atendida pela coleta regular de resíduos (%)
- Percentual da área do setor atendida pela coleta domiciliar de resíduos (%)
- Ambos
- Nenhum dos indicadores

Caso o indicador deva permanecer, reavalie a relevância e a facilidade de interpretação

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

20. Existência de Catadores de Materiais Recicláveis das Associações e/ou Cooperativas no Setor (Qualitativo)

Fórmula: Existência de catadores vinculados às associações e/ou cooperativas atuando no setor

Relevância		Facilidade de Interpretação		SITUAÇÃO
Média	Σ 4 e 5	Média	Σ 4 e 5	
4.32	88%	3.84	68%	Aceito sem ressalvas

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

21. Satisfação da população em relação à coleta de resíduos domiciliares (frequência e horário)

Fórmula: A população está satisfeita em relação à frequência e ao horário da coleta?

Relevância		Facilidade de Interpretação		SITUAÇÃO
Média	Σ 4 e 5	Média	Σ 4 e 5	
4.12	84%	3.72	56%	Alguns especialistas sugeriram a exclusão do indicador devido à sua subjetividade e à dificuldade em mensurá-lo de maneira precisa.

Você concorda com a exclusão deste indicador? Caso discorde, solicitamos que o reavalie.

- Sim
 Não

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

22. Capacidade de resposta às reclamações dos usuários (%)

Relevância		Facilidade de Interpretação		SITUAÇÃO	Modificações	
Média	Σ 4 e 5	Média	Σ 4 e 5		1ª Rodada	2ª Rodada
3.92	76%	3.28	48%	Alterada fórmula de cálculo	$\frac{\text{Número total de reclamações de manejo de resíduos resolvidas em 24 h}}{\text{Número total de reclamações de manejo de resíduos recebidas em 24 h}} \times 100$	$\left[\frac{\text{Número de reclamações resolvidas dentro do prazo estipulado}}{\text{Número total de reclamações recebidas}} \times (\text{Efetividade no atendimento}^1) \right] \times 100$

Você concorda com a alteração da formulação do índice?

- Sim
 Não

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

23 Campanhas de conscientização porta a porta no setor (Qualitativo)

Fórmula: Existência de campanhas de conscientização porta a porta no setor

Relevância		Facilidade de Interpretação		SITUAÇÃO	Modificações	
Média	Σ 4 e 5	Média	Σ 4 e 5		1ª Rodada	2ª Rodada
4.12	80%	3.8	72%	Alterada a nomenclatura e a fórmula de cálculo	Nomenclatura: Campanhas de conscientização porta a porta no setor	Nomenclatura: Realização de Campanhas de conscientização
					Fórmula de cálculo: Existência de campanhas de conscientização porta a porta no setor	Fórmula de cálculo: Existência de ações de educação ambiental no setor

Marque todas que se aplicam.

- Sim
 Não
 Não sei informar

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

24. Frequência da coleta de resíduos sólidos urbanos no setor (dias/semana)

Relevância		Facilidade de Interpretação		SITUAÇÃO	Modificações	
Média	Σ 4 e 5	Média	Σ 4 e 5		1ª Rodada	2ª Rodada
4.4	88%	4.08	80%	Nomenclatura e Fórmula de Cálculo modificadas	Nomenclatura: Frequência da coleta de resíduos sólidos urbanos no setor (dias/semana)	Nomenclatura: Efetividade da coleta de resíduos sólidos urbanos no setor - %
					Fórmula de Cálculo: Quantidade de dias da semana que há coleta no setor	Fórmula de Cálculo: (Coletas realizadas / coletas esperadas) * 100

Sugestão de mudança da Nomenclatura e da Fórmula de cálculo. **Você concorda com as modificações sugeridas?**

- Concordo
 Discordo

De acordo com as alterações realizadas, solicitamos a reavaliação do indicador.

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

25. Percentual da área do setor atendida pela coleta domiciliar de resíduos (%)

Fórmula: N° de ruas do setor atendidas pela coleta de resíduos / n° total de ruas do setor x 100

Relevância		Facilidade de Interpretação	
Média	∑ 4 e 5	Média	∑ 4 e 5
4.28	84%	3.88	72%

Semelhante ao indicador social avaliado anteriormente: "População atendida pela coleta regular de resíduos (%)". Se você optou pela permanência do indicador "Percentual da área do setor atendida pela coleta domiciliar de resíduos (%)", solicitamos que o reavalie.

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

26. Parcela de escolas municipais do setor que implementam programas de conscientização sobre resíduos (%)

Fórmula: Número de escolas do setor que implementam programas de conscientização sobre resíduos / total de escolas do setor x 100

Relevância		Facilidade de Interpretação		OBSERVAÇÃO
Média	∑ 4 e 5	Média	∑ 4 e 5	
4.2	84%	3.8	72%	Aceito sem ressalvas

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

INDICADORES INCLUÍDOS

Nesta seção, encontram-se os indicadores propostos após a Primeira Rodada. Solicitamos que os avaliem quanto à Relevância e quanto à Facilidade de Interpretação dessas métricas.

1. Eficiência temporal da coleta (h/coleta)

Fórmula: tempo de coleta / número de coletas

Você concorda com a inclusão deste indicador? Caso afirmativo, solicitamos que o avalie, caso discorde, gostaríamos que justificasse.

- Concordo
 Discordo

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2 Frequência da coleta seletiva no setor (%)

Fórmula: (coletas realizadas / coletas esperadas) * 100

Você concorda com a inclusão deste indicador? Caso afirmativo, solicitamos que o avalie, caso discorde, gostaríamos que justificasse.

- Concordo
 Discordo

	1	2	3	4	5
Relevância	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Facilidade de Interpretação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Espaço aberto para proposta de novos indicadores e/ou para observações

Fim do Questionário!

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO AHP

DESENVOLVIMENTO DE ÍNDICE DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS BASEADO NA SETORIZAÇÃO DA COLETA. ESTUDO DE CASO: JOÃO PESSOA-PB, BRASIL.

Responsável: Ana Cecília Novaes
Orientadora: Claudia Coutinho Nóbrega

Prezado Senhor (a),

Reconhecida a sua experiência na área de resíduos sólidos, convidamos a participar como especialista na ponderação de indicadores de sustentabilidade da tese de doutorado intitulada "DESENVOLVIMENTO DE ÍNDICE DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS BASEADO NA SETORIZAÇÃO DA COLETA. ESTUDO DE CASO: JOÃO PESSOA-PB, BRASIL". Este estudo está sendo desenvolvido por mim, Ana Cecília Novaes de Sá, discente do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM) da Universidade Federal da Paraíba, sob orientação da Prof.Dra. Claudia Coutinho Nóbrega.

A proposta da pesquisa é desenvolver um índice capaz de avaliar o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) por bairros/setores dos municípios brasileiros. Para atingir o objetivo proposto, um conjunto de indicadores de sustentabilidade foram selecionados e deverão ser ponderados através de uma comparação pareada, utilizando o Processo de Análise Hierárquica (AHP).

Observação: Para o êxito dessa etapa, precisaremos trabalhar com prazos. Desse modo, sugere-se o retorno do questionário respondido em até 10 dias úteis a partir da data de recebimento.

Riscos aos participantes: a participação nesta pesquisa não traz complicações à sua dignidade, além de não oferecer riscos legais e éticos, no entanto, o senhor (a) pode sentir-se desconfortável e/ou impaciente ao responder as perguntas; pode apresentar preocupação com possíveis procedimentos de privacidade sobre as informações fornecidas; ou ainda, não compreender ou não saber responder o que está sendo solicitado.

Contudo, esclarecemos que a sua participação no estudo é voluntária e, portanto, o (a) senhor (a) não é obrigado (a) a fornecer informações e/ou colaborar com as atividades solicitadas pelas pesquisadoras, podendo interromper o processo quando desejar, sem dados e prejuízos à pesquisa e a si próprio.

Reforçamos também que a confidencialidade e a privacidade serão asseguradas, onde as contribuições prestadas neste estudo serão utilizadas somente para fins da pesquisa e os nomes e demais informações dos participantes serão mantidos em sigilo. E, caso ocorra danos decorrentes da sua participação, os pesquisadores se responsabilizam em orientá-lo (a).

Benefícios aos Participantes: Ao participar desta pesquisa o senhor (a) não terá nenhum

benefício direto. Entretanto, esperamos que este estudo traga informações capazes de auxiliar os gestores públicos e a comunidade acadêmica na identificação de falhas do processo de gerenciamento de resíduos; e que gere insights e estimule o desenvolvimento de novas pesquisas no campo de estudo.

Esse estudo também faz parte do projeto "Sustentabilidade de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos integrados a bioeconomia na cidade de João Pessoa/Paraíba/Brasil" - Chamada CNPq/MCTI/FNDCT N° 18/2021 - Faixa A - Grupos Emergentes n° 405112/2021-1.

Agradecemos a atenção e esperamos sua contribuição nesse estudo que apresenta grande relevância para atingir a sustentabilidade do gerenciamento de resíduos sólidos dos municípios brasileiros.

Declaro que entendi os objetivos e condições do estudo e concordo em participar:

Sim

Não

INFORMAÇÕES GERAIS

NOME: _____

GÊNERO

Feminino

Masculino

Outro

FORMAÇÃO: _____

INSTITUIÇÃO QUE ATUA: _____

MUNICÍPIO/ESTADO QUE RESIDE: _____

Instruções de Preenchimento do Questionário

A sua participação consistirá em avaliar as dimensões (ambiental, econômica e social) e os indicadores par a par e atribuir uma pontuação de acordo com o grau de importância dos parâmetros.

Se determinar que a dimensão ou o indicador analisado apresenta baixa importância, você deve atribuir uma das frações que variam de 1/3 a 1/9. Se ambos os indicadores forem considerados igualmente importantes, deverá atribuir a pontuação 1. No entanto, se um indicador for considerado mais importante do que o outro, você deverá atribuir uma pontuação entre 3, 5, 7 ou 9, conforme o quadro abaixo.

PONTUAÇÃO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	
1/9	EXTREMAMENTE	MENOS IMPORTANTE
1/7	BASTANTE	
1/5	MUITO	
1/3	POUCO	
1	IGUAL	IMPORTÂNCIA
3	POUCO	MAIS IMPORTANTE
5	MUITO	
7	BASTANTE	
9	EXTREMAMENTE	

Para simplificar o preenchimento do questionário, vamos esclarecer como os parâmetros devem ser analisados e ponderados.

Primeiro, compare a importância do indicador principal (Geração de resíduos) com o indicador secundário (Existência de coleta seletiva).

Se você acredita que o indicador principal é um pouco mais importante que o indicador secundário, atribua peso 3, e assim por diante. No entanto, se considerar que o indicador principal é menos importante que o indicador secundário, atribua uma das frações (1/3; 1/5, etc.). Se ambos os indicadores forem igualmente importantes, atribua o peso 1.

Compare a importância do indicador "Geração per capita de resíduos sólidos" em relação ao indicador abaixo

	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Existência de coleta seletiva no setor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Voltar](#)

[Avançar](#)

[Limpar formulário](#)

PONDERAÇÃO DAS DIMENSÕES

Nesta seção, compare as dimensões ambiental, econômica e social par a par e atribua um peso àquela que considera mais importante, juntamente com seu respectivo grau de importância. Siga a mesma lógica de preenchimento do exemplo anterior.

PONTUAÇÃO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	
1/9	EXTREMAMENTE	MENOS IMPORTANTE
1/7	BASTANTE	
1/5	MUITO	
1/3	POUCO	
1	IGUAL	IMPORTÂNCIA
3	POUCO	MAIS IMPORTANTE
5	MUITO	
7	BASTANTE	
9	EXTREMAMENTE	

Compare a dimensão AMBIENTAL com as outras dimensões e atribua um peso de acordo com o grau de importância que considerar.

	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Dimensão Econômica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dimensão Social	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Compare a dimensão ECONÔMICA com a dimensão SOCIAL e atribua um peso de acordo com o grau de importância que considerar.

	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Dimensão Social	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

[Voltar](#)

[Avançar](#)

[Limpar formulário](#)

DIMENSÃO AMBIENTAL

Nesta seção, você deverá comparar par a par os indicadores que compõem a dimensão ambiental e atribuir um peso conforme o grau de importância.

PONTUAÇÃO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	
1/9	EXTREMAMENTE	MENOS IMPORTANTE
1/7	BASTANTE	
1/5	MUITO	
1/3	POUCO	
1	IGUAL	IMPORTÂNCIA
3	POUCO	MAIS IMPORTANTE
5	MUITO	
7	BASTANTE	
9	EXTREMAMENTE	

5. Compare a importância do indicador "Existência de Ponto de Entrega Voluntária de Recicláveis no setor (PEVs)" em relação aos demais indicadores

	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Tonelagem anual de RSU depositado em aterro sanitário por setor de coleta (t/ano)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Taxa de disposição em aterros (%)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Compare a importância do indicador "Tonelagem anual de RSU depositado em aterro sanitário por setor de coleta (t/ano)" em relação ao indicador apresentado

	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Taxa de disposição em aterros (%)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Campo destinado a observações, comentários e dúvidas.

Sua resposta

DIMENSÃO ECONÔMICA

Nesta seção, você deverá comparar par a par os indicadores que compõem a dimensão econômica e atribuir um peso conforme o grau de importância.

PONTUAÇÃO	GRAU DE IMPORTÂNCIA	
1/9	EXTREMAMENTE	MENOS IMPORTANTE
1/7	BASTANTE	
1/5	MUITO	
1/3	POUCO	
1	IGUAL	IMPORTÂNCIA
3	POUCO	MAIS IMPORTANTE
5	MUITO	
7	BASTANTE	
9	EXTREMAMENTE	

7. Compare a importância do indicador "Custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário (R\$/ano)" em relação aos demais indicadores

	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7
Despesas com gestão de resíduos sólidos per capita (R\$/hab.ano)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Receita arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gerenciamento de RSU por setor (R\$/hab./ano)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

8. Compare a importância do indicador "Despesas com gestão de resíduos sólidos per capita (R\$/hab.ano)" em relação ao indicador

	1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7
Receita arrecadada com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de gerenciamento de RSU por setor (R\$/hab./ano)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Campo destinado a observações, comentários e dúvidas.

Sua resposta

Voltar

Avançar

Limpar formulário

**APÊNDICE D – CONTRIBUIÇÃO DOS ESPECIALISTAS APÓS A
PRIMEIRA RODADA DELPHI**

Indicadores Ambientais	Contribuições
I 01 - Geração per capita de resíduos sólidos (kg/hab./ano)	<ul style="list-style-type: none"> • Para ter uma ideia exata da geração per capita os caminhões compactados que recolhe os resíduos tem que ter o sistema de GPS para identificar com extradição a rota da coleta e subseqüente identificar a geração e também os dados populacionais dessa área. • Necessidade de disponibilidade mais frequente dos dados pela prefeitura • Não é fácil ter dados atualizados em serviços municipais <ul style="list-style-type: none"> • Como boa parte da coleta de RSU se dá através de empresas terceirizadas, algumas pesagens de resíduos dispostos em aterros pode ser imprecisa, em alguns casos para um valor mais alto (em caso de contratos atrelado ao volume/peso de resíduo enviado para destinação/disposição final), é necessário avaliar e fiscalizar as fontes de informação para a confiabilidade dos dados utilizados neste indicador, porém há a parcela de resíduos gerados que não são coletados, nem dispostos em aterros, podem ter outra destinação, seja reciclagem, tratamento e disposição em outro município que acaba dificultando a disponibilidade dos dados em sua totalidade.
I 02 - Geração de resíduos por composição (frações): orgânicos, papel, plásticos, metais e outros - %	<ul style="list-style-type: none"> • O problema maior é a padronização • Separar apenas em 2 categorias. Orgânicos e não orgânicos otimiza a participação popular • Devido as fontes de informações serem difusas, já que há vários tipos de destinações finais dos resíduos, acredito que dificulta a disponibilidade dos dados. • A dificuldade na disponibilidade dos dados se dá pelo fato de haver catadores de resíduos recicláveis, que não fazem parte de cooperativas, e quantificar esses resíduos torna-se uma dificuldade.
I 03 - Massa coletada per capita de Resíduo Sólido Urbano (kg/hab./dia)	<ul style="list-style-type: none"> • É o mesmo do primeiro, só troca o tempo base • Sobre a massa coletada per capita de RSU irá depender da finalidade dos dados gerados. <ul style="list-style-type: none"> • Informação não disponível com muita frequência, especialmente por causa da população dos bairros • Parece que este indicador é repetitivo em relação ao primeiro. • Para deixar mais objetivo que é um indicador quantitativo diário, sugeriria inserir essa informação na descrição do indicador (ou na descrição da fórmula). Pois a primeira percepção é ser igual ao indicador de "Geração per capita"
I 04 - Quantidade de resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados anualmente no setor (t/ano)	<ul style="list-style-type: none"> • Acho que esse indicador traz a mesma informação de geração per capita, já que é só multiplicar a geração pela população total. Eu retiraria esse indicador e deixaria só a geração per capita.

	<ul style="list-style-type: none"> • Considero mais relevante a quantidade de resíduos atrelada a população para fins de comparação.
I 05 - Taxa de coleta seletiva porta a porta em relação à população do setor - %	<ul style="list-style-type: none"> • Sem levar em conta a quantidade coletada não é indicador <ul style="list-style-type: none"> • Grande gargalo do município • Considero que há dificuldade na disponibilidade dos dados, já que em muitos locais a coleta porta a porta se dá por pessoas autônomas.
I 06 - Existência de coleta seletiva no setor (qualitativo)	<ul style="list-style-type: none"> • Não indica nada de concreto pode ter apenas num bairro
I 07 - Existência de Ponto de Entrega Voluntária de Recicláveis no setor (PEVs) - (qualitativo)	<ul style="list-style-type: none"> • Não indica a real utilização • A população da adere facilmente e falta de manutenção pelo poder público • Considero que este dado é mais fácil de ser levantado, já que ainda é baixo o número de locais de PEV.
I 08 - Tonelagem anual de RSU depositado em aterro sanitário (t/ano)	<ul style="list-style-type: none"> • Não é indicador • Não representará o todo • Acredito que o dado dos resíduos depositados em aterros pode ser facilmente controlado pela empresa ou órgão que administra o aterro, entretanto é necessário verificar a precisão deste dado.
I 09 - Taxa de disposição em aterros (%)	<ul style="list-style-type: none"> • Realmente pode ser chamado de indicador, mas não avalia nada como a real destinação apenas de rejeitos como determina a lei • Não representará o todo. Grande parcela de recicláveis sai antes de chegar no aterro <ul style="list-style-type: none"> • Em tese, todo gerado vai para o aterro, mas a maioria coleta é destinada para lá • Acredito que os dados dos resíduos depositados em aterros e coletados pode ser controlado pelos órgãos ou empresas que prestam este serviço.
I 10 - Resíduos aterrados per capita (t/hab)	<ul style="list-style-type: none"> • Igual ao anterior • Não acho relevante • Ainda há descarte irregular
I 11 - Emissões de gases de efeito estufa (GEE) geradas por tonelada de resíduo (GEE/tonelada de resíduo)	<ul style="list-style-type: none"> • Este dado é baseado na composição dos resíduos, se não tivermos a composição serão dados duvidosos • Como medir o que não é destinado ao aterro sanitário? • Ao ler o indicador, fiquei com dúvida se essas emissões são originadas em todo ciclo de vida do produto somado a atividades de coleta e disposição final, ou apenas pela disposição final em aterros. Ainda com relação à escrita, não fica claro se o resíduo considerado é o que tem a disposição final em aterro sanitário, ou o total de resíduos. Pois considerando que algum resíduo segue para tratamentos e outras destinações, esse quantitativo "tonelada de resíduos" vai ser adequar. <ul style="list-style-type: none"> • Apesar de possuir relevância ambiental importante, acredito que para pessoas que não seja da área é um dado de difícil interpretação já que não é fácil avaliar a partir de qual limite esta emissão seria maléfica ao meio ambiente e saúde das pessoas, além de que acredito que não há muita tecnologia investida no controle deste dado.
I 12 - Eficiência da coleta (t/h)	<ul style="list-style-type: none"> • Nunca vi ser medido assim e teremos diferenças entre bairros com características sociais diferentes

	<ul style="list-style-type: none"> • Não sei se esse indicador revela muita informação, já que a coleta pode ser mais demorada por vários motivos: maior quantidade de resíduo em determinado local, população maior, etc. • Depende muito da disponibilidade de informações pelas empresas terceirizadas • Eficiência remete à resultado quantitativo, por exemplo: do total produzido, x% foi coletado. Isso pode confundir a interpretação. Assim como o indicador seguinte, seria interessante inserir a ideia de tempo no indicador. (Eficiência temporal da coleta)
I 13 - Eficiência da rota de coleta (km/t)	<ul style="list-style-type: none"> • Interessante, mas já sabemos que estará 100% vinculado a taxa de ocupação do território • Confiabilidade se o roteiro traçado está sendo executado, pois a fiscalização é insuficiente • Acredito que este item seja mais relevante para a prefeitura ou empresa prestadora do serviço para utilizá-lo na otimização do serviço. Entretanto, cada município possui suas especificidades que podem ser modificadas inclusive pela distância do centro urbano até o aterro.
Contribuições adicionais	<ul style="list-style-type: none"> • Quantidade de resíduos recicláveis/número de catadores que recolhem esses Resíduos • O critério "disponibilidade dos dados" eu não usaria como insumo de resposta dos questionários, visto que se não houver dados suficientes, não tem como calcular o indicador. Além disso, não tem como o especialista afirmar sobre tal disponibilidade, visto que, muitas vezes, a fonte dos dados pode lhes ser desconhecida, fazendo com que esse especialista responda a esse tópico baseado em "achismos". • Senti falta de maior identificação dos RS da coleta seletiva, visto esta ser a proposta. Existência de cooperativas e associações, catadores autônomos, identificação das rotas setorizadas por poder aquisitivo, fluxo comercial e etc.
Indicadores Econômicos	Contribuições
I 14 - Custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário (R\$/ano)	<ul style="list-style-type: none"> • Dados econômicos existem em poucos municípios • Acredito que há facilidade na disponibilidade deste dado, mas em relação a relevância considero mais importante quando a informação é atrelada ao número de habitantes.
I 15 - Custo anual do serviço de gerenciamento de resíduos sólidos (R\$/ano)	<ul style="list-style-type: none"> • Ver que no item anterior colocou manejo e nesse serviço. Melhor padronizar • Os custos não são tão fáceis de calcular, e quem tem nem sempre disponibiliza • Acredito que há facilidade na disponibilidade deste dado, porém as informações são mais difusas do que o "Custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário (R\$/ano)"
I 16 - Despesas com gestão de resíduos per capita (R\$/hab./ano)	<ul style="list-style-type: none"> • Mesmo caso dos indicadores da dimensão ambiental. A geração per capita e a total trazem a mesma informação. Eu usaria só um deles. • Mais difícil ainda de obter as informações para gerar o resultado desejado

	<ul style="list-style-type: none"> • Considero os indicadores atrelados a população de maior relevância e de maior aplicabilidade para fins de comparação com outros municípios/estados/países.
I 17 - Custo por tonelada descartada (R\$/t)	<ul style="list-style-type: none"> • Traz a mesma informação de "Custo total anual da disposição final dos RSU em aterro sanitário (R\$/ano)". Usaria somente um deles.
Contribuições adicionais	<ul style="list-style-type: none"> • Poderia acrescentar o custo dos serviços de coleta seletiva. • Grande desafio
Indicadores Sociais	Contribuições
I 18 - População atendida pela coleta regular de resíduos (%)	<ul style="list-style-type: none"> • Sem avaliar a qualidade do serviço pode não indicar o que se pretende medir. • Acredito que há relevância e facilidade da prefeitura mapear e calcular este indicador.
I 19 - Existência de Catadores de Materiais Recicláveis das Associações e/ou Cooperativas no Setor (Qualitativo)	<ul style="list-style-type: none"> • Tem que ter segmentado sobre a organização dos catadores • O número de catadores informado não é confiável <p>Acredito que boa parte das associações acabam formalizando cadastro junto a prefeitura para usufruir de benefícios fiscais oferecidos, que acaba facilitando a disponibilidade deste dado.</p>
I 20 - Satisfação da população em relação à coleta de resíduos domiciliares (frequência e horário)	<ul style="list-style-type: none"> • É difícil pesquisa séria • Acho complicado mensurar esse indicador. Uma amostragem seria uma saída, mas não sei se utilizaria ele. • O município atende mais de 95% da população <p>Como este indicador é um pouco subjetivo, e algum cidadão pode estar descontente com alguma situação de má prestação pontual, acredito que seja de menor relevância. Outro ponto é que caso o domicílio não seja atendido com coleta diariamente pode haver algum descontentamento, entretanto é importante definir um número mínimo de atendimento por semana e que preferencialmente haja uma obediência de dias e horários para fins de programação por parte dos cidadãos.</p>
I 21 - Capacidade de resposta às reclamações dos usuários (%)	<ul style="list-style-type: none"> • Tem que somar tempo para a resposta e efetividade no atendimento • Esse indicador traz uma informação muito similar ao indicador anterior, só que é mais fácil obter esses dados. Logo, eu utilizaria apenas ele. • 24h não é um tempo muito pequeno para resposta? Sugestão por semana. As empresas terceirizadas não contribuem no retorno das reclamações encaminhadas
I 22 - Campanhas de conscientização porta a porta no setor (Qualitativo)	<ul style="list-style-type: none"> • Idem a anterior • Creio que a conscientização porta a porta é ineficaz, visto que a população de João pessoa é enorme e demoraria anos para que toda essa população fosse devidamente instruída. Logo, eu sugiro tirar a parte final do nome do indicador e deixar apenas "Realização de Campanhas de conscientização". • Faz tempo que não é realizada, pelo menos no meu conhecimento. se teve não tenho acesso aos dados
I 23 - Frequência da coleta de resíduos sólidos urbanos no setor (dias/semana)	<ul style="list-style-type: none"> • Teria que medir a efetividade da disponibilização • Acredito que além da frequência, também é importante a regularidade nos dias e horários. Pois se em duas semanas distintas, a coleta ocorra por exemplo 3 vezes na semana, porém em uma semana ocorreu em determinados dias e na

	<p>outra em dias distintos da semana anterior, a população acaba se atrapalhando e os resíduos ficam mais tempo expostos na rua.</p>
I 24 - Percentual da área do setor atendida pela coleta domiciliar de resíduos (%)	<ul style="list-style-type: none"> • Não agrega nada a informação anterior • Disponível (em tese) pelas empresas, em função do monitoramento que deve ser executado diariamente • Acredito que há facilidade da prefeitura mapear e calcular este indicador.
I 25 - Parcela de escolas municipais do setor que implementam programas de conscientização sobre resíduos (%)	<ul style="list-style-type: none"> • O bom seria combinar com hortas escolares implantadas • Ótimo indicador. • Melhorar parceria entre a EMLUR e a Secretaria, voltar a levar os alunos para dentro da EMLUR • Acredito que há facilidade da prefeitura calcular este indicador.
Sugestões Complementares	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliar esses mesmos indicadores operacionais para a coleta seletiva. • Adicionar o indicador quanto a satisfação da população com relação a coleta seletiva, conforme sugestão: Satisfação da população em relação à coleta seletiva (frequência e horário). Talvez campanhas de conscientização utilizando TV ou redes sociais sejam mais impactantes.

**APÊNDICE E - ESTIMATIVA DA PARCELA RECICLÁVEL
COMERCIALIZADA PELOS BAIRROS ATENDIDOS PELOS NÚCLEOS
DE RECICLAGEM NO ANO DE 2022**

NÚCLEO BAIRRO DOS ESTADOS			
Setores atendidos pelo núcleo	Domicílios atendidos pela coleta seletiva	Comercializado pelo núcleo de reciclagem (t)	Proporção - Comercializados por setor (t)
Bairro dos Estados	2240	233.76	64.69
Bairro dos Ipês	1100		31.77
Torre	2220		64.12
Treze de Maio	2534		73.18
Total	8094	-	233.76
NÚCLEO CABO BRANCO			
Setores atendidos pelo núcleo	Domicílios atendidos pela coleta seletiva	Comercializado pelo núcleo de reciclagem (t)	Proporção - Comercializados por setor (t)
Altiplano	1059	410.74	43.61
Cabo Branco	2919		120.20
Miramar	2581		106.28
Tambaú	3416		140.66
Total	9975	-	410.74
NÚCLEO BESSA			
Setores atendidos pelo núcleo	Domicílios atendidos pela coleta seletiva	Comercializado pelo núcleo de reciclagem (t)	Proporção - Comercializados por setor (t)
Aeroclube	2911	530.32	77.58
Bessa	4028		107.35
Jardim Oceania	4959		132.17
Manáira	8000		213.22
Total	19898	-	530.32
NÚCLEO MANGABEIRA			
Setores atendidos pelo núcleo	Domicílios atendidos pela coleta seletiva	Comercializado pelo núcleo de reciclagem (t)	Proporção - Comercializados por setor (t)
Mangabeira	17559	125.22	125.22
NÚCLEO JARDIM CIDADE UNIVERSITÁRIA – CAIC			
Setores atendidos pelo núcleo	Domicílios atendidos pela coleta seletiva	Comercializado pelo núcleo de reciclagem (t)	Proporção - Comercializados por setor (t)
Anatólia	1978	225.40	39.63
Bancários	3021		60.52
Jardim Cidade Universitária	6252		125.25
Total	11251	-	225.40

Fonte: Elaborado pela autora a partir de dados extraídos de Pimentel (2017)

**APÊNDICE F – CÁLCULO DA GERAÇÃO PER CAPITA DE RESÍDUOS
SÓLIDOS DOS SETORES**

Setor	Classe	Quantidade anual de resíduos domiciliares gerados (kg)	População do setor (hab)*	Geração per capita de resíduos sólidos (kg/hab./dia)
João Pessoa	-	263203000	833932	0.86
Bairro dos Estados	A	4046410.00	10326	1.07
Manaíra	A	10427975.40	26464	1.08
Tambaú	A	4827490.44	9899	1.34
Altiplano	B	2728196.38	10443	0.72
Bancários	B	5580691.16	16627	0.92
Jardim Cidade Universitária	B	4639219.34	25582	0.50
Torre	B	5179860.00	13549	1.05
Treze de Maio	B	2236950.00	7968	0.77
Bairro dos Ipês	C	2348680.00	8621	0.75
Castelo Branco	C	2299430.00	9923	0.63
Ernesto Geisel	C	5150100.00	13683	1.03
Mangabeira	C	15757250.00	70903	0.61
Alto do Mateus	D	3569970.00	15348	0.64
Bairro das Indústrias	D	2191450.00	12585	0.48
Cruz das Armas	D	5453120.00	20491	0.73
João Paulo II	D	4407550.00	19197	0.63
Paratibe	D	2808150.00	20920	0.37
Grotão	E	1969110.00	4776	1.13
Jardim Veneza	E	2223930.00	13114	0.46
Padre Zé	E	1487180.00	5988	0.68

Fonte: Elaborado a partir de dados extraídos do IBGE (2022) e dos Relatórios da Foxx (2022)

**APÊNDICE G – CÁLCULO DA TAXA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS
EM ATERROS SANITÁRIOS**

Setor	Classe	Variáveis		Indicador
		Resíduos coletados no setor (kg)	Resíduos aterrados (kg)	Taxa de disposição em aterros - %
Bairro dos Estados	A	4046410.00	3981720.00	98.40%
Manaíra	A	10427975.40	10214760.00	97.96%
Tambáú	A	4827490.44	4686830.00	97.09%
Altiplano	B	2728196.00	2684590.00	98.40%
Bancários	B	5713612.16	5653091.00	98.94%
Jardim Cidade Universitária	B	4472829.34	4347580.00	97.20%
Torre	B	5156580.00	5092460.00	98.76%
Treze de Maio	B	2247570.00	2174390.00	96.74%
Bairro dos Ipês	C	2348680.00	2316910.00	98.65%
Castelo Branco	C	2299430.00	2299430.00	100.00%
Ernesto Geisel	C	4433580.00	4433580.00	100.00%
Mangabeira	C	19938630.00	19813410.00	99.37%
Alto do Mateus	D	3569970.00	3569970.00	100.00%
Bairro das Indústrias	D	5804400.00	5804400.00	100.00%
Cruz das Armas	D	5453120.00	5453120.00	100.00%
João Paulo II	D	4960120.00	4960120.00	100.00%
Paratibe	D	2808150.00	2808150.00	100.00%
Grotão	E	1969110.00	1969110.00	100.00%
Jardim Veneza	E	2205590.00	2205590.00	100.00%
Padre Zé	E	1496070.00	1496070.00	100.00%

Fonte: Elaborado a partir de dados extraídos dos Relatórios da Foxx (2022) e da Emlur (2022)

APÊNDICE H – CÁLCULO DA TAXA DE COBERTURA DA COLETA SELETIVA

Setor	Variáveis			Indicador
	Classe	População atendida pela coleta seletiva porta a porta	População do setor	Cobertura coleta seletiva (%)
Bairro dos Estados	A	6351	10326	62%
Manaíra	A	20408	26464	77%
Tambaú	A	8343	9899	84%
Altiplano	B	3052	10443	29%
Bancários	B	7797	16627	47%
Jardim Cidade Universitária	B	16302	25582	64%
Torre	B	6129	13549	45%
Treze de Maio	B	7404	7968	93%
Bairro dos Ipês	C	3141	8621	36%
Castelo Branco	C	0	9923	0%
Ernesto Geisel	C	0	13683	0%
Mangabeira	C	15763	70903	22%
Alto do Mateus	D	0	15348	0%
Bairro das Indústrias	D	0	12585	0%
Cruz das Armas	D	0	20491	0%
João Paulo II	D	0	19197	0%
Paratibe	D	0	20920	0%
Grotão	E	0	4776	0%
Jardim Veneza	E	0	13114	0%
Padre Zé	E	0	5988	0%

Fonte: Elaborado pela autora com dados extraídos de Pimentel (2017)

**APÊNDICE I – CUSTO ANUAL COM DISPOSIÇÃO EM ATERRO
SANITÁRIO**

Setor	Classe	Variáveis		Indicador
		Quantidade de resíduos aterrada (t)	Valor da disposição por tonelada (R\$)*	Custo anual com disposição em aterro (R\$)
Bairro dos Estados	A	3981.72	62.00	246866.64
Manáira	A	10214.76	62.00	633315.12
Tambaú	A	4686.83	62.00	290583.46
Altiplano	B	2684.59	62.00	166444.58
Bancários	B	5520.17	62.00	342250.54
Jardim Cidade Universitária	B	4513.97	62.00	279866.14
Torre	B	5115.74	62.00	317175.88
Treze de Maio	B	2163.77	62.00	134153.74
Bairro dos Ipês	C	2316.91	62.00	143648.42
Castelo Branco	C	2299.43	62.00	142564.66
Ernesto Geisel	C	5150.1	62.00	319306.20
Mangabeira	C	15632.03	62.00	969185.86
Alto do Mateus	D	3569.97	62.00	221338.14
Bairro das Indústrias	D	2191.45	62.00	135869.90
Cruz das Armas	D	5453.12	62.00	338093.44
João Paulo II	D	4407.55	62.00	273268.10
Paratibe	D	2808.15	62.00	174105.30
Grotão	E	1969.11	62.00	122084.82
Jardim Veneza	E	2223.93	62.00	137883.66
Padre Zé	E	1487.18	62.00	92205.16

*Valor de disposição da tonelada no ano de 2022. Fonte: Elaborado a partir de dados extraídos dos Relatórios da Foxx (2022).

**APÊNDICE J – PARCELA DE ESCOLAS MUNICIPAIS QUE
IMPLEMENTAM PROGRAMAS DE CONSCIENTIZAÇÃO SOBRE
RESÍDUOS**

Setor	Classe	Parcela de escolas municipais do setor que implementam programas de conscientização sobre resíduos (%)	Nº de escolas com programas de conscientização ambiental sobre RSU no setor	Nº total de escolas do setor
Bairro dos Estados	A	100%	1	1
Manaíra	A	100%	2	2
Tambaú	A	Não possui escolas municipais	-	-
Altiplano	B	100%	1	1
Bancários	B	100%	2	2
Jardim Cidade Universitária	B	Não possui escolas municipais	-	-
Torre	B	100%	1	1
Treze de Maio	B	100%	1	1
Bairro dos Ipês	C	Não possui escolas municipais	-	-
Castelo Branco	C	Não possui escolas municipais	-	-
Ernesto Geisel	C	67%	2	3
Mangabeira	C	88%	7	8
Alto do Mateus	D	75%	3	4
Bairro das Indústrias	D	75%	3	4
Cruz das Armas	D	100%	5	5
João Paulo II	D	Não possui escolas municipais	-	-
Paratibe	D	100%	2	2
Grotão	E	100%	2	2
Jardim Veneza	E	100%	1	1
Padre Zé	E	100%	1	1

Fonte: Elaborado pela autora com dados da Emlur (2022)

APÊNDICE K - NORMALIZAÇÃO DOS INDICADORES AMBIENTAIS

Bairro	Geração per capita (kg/hab.dia)		Taxa de disposição em aterro (%)		Cobertura da coleta seletiva (%)		Existência coleta seletiva		Existência de PEVs	
	X	X'	X	X'	X	X'	X	X'	X	X'
Altiplano	0.72	0.64	98.40%	0.02	29.23%	0.29	Sim	1	Não	0
Alto do Mateus	0.64	0.72	100.00%	0.00	0.00%	0.00	Não	0	Não	0
Bairro das Indústrias	1.26	0.07	100.00%	0.00	0.00%	0.00	Não	0	Não	0
Bairro dos Estados	1.07	0.27	98.40%	0.02	61.50%	0.62	Sim	1	Não	0
Bairro dos Ipês	0.75	0.61	98.65%	0.01	36.44%	0.36	Sim	1	Não	0
Bancários	0.94	0.41	98.94%	0.01	46.90%	0.47	Sim	1	Sim	1
Castelo Branco	0.63	0.72	100.00%	0.00	0.00%	0.00	Não	0	Não	0
Cruz das Armas	0.73	0.63	100.00%	0.00	0.00%	0.00	Não	0	Não	0
Ernesto Geisel	0.89	0.46	100.00%	0.00	0.00%	0.00	Não	0	Não	0
Grotão	1.13	0.21	100.00%	0.00	0.00%	0.00	Não	0	Não	0
Jardim Cidade Universitária	0.48	0.89	97.20%	0.03	63.72%	0.64	Sim	1	Não	0
Jardim Veneza	0.46	0.90	100.00%	0.00	0.00%	0.00	Não	0	Não	0
João Paulo II	0.71	0.65	100.00%	0.00	0.00%	0.00	Não	0	Não	0
Manaíra	1.08	0.26	97.96%	0.02	77.12%	0.77	Sim	1	Sim	1
Mangabeira	0.77	0.58	99.37%	0.01	22.23%	0.22	Sim	1	Sim	1
Padre Zé	0.68	0.68	100.00%	0.00	0.00%	0.00	Não	0	Não	0
Paratibe	0.37	1.00	100.00%	0.00	0.00%	0.00	Não	0	Não	0
Tambaú	1.34	0.00	97.09%	0.03	84.28%	0.84	Sim	1	Sim	1
Torre	1.04	0.30	98.76%	0.01	45.23%	0.45	Sim	1	Não	0
Treze de Maio	0.77	0.59	96.74%	0.03	92.92%	0.93	Sim	1	Não	0

X – Valor real; X' – Valor normalizado

APÊNDICE L - NORMALIZAÇÃO DOS INDICADORES ECONÔMICOS E SOCIAIS

Bairro	Custo anual com disposição em aterro (R\$/t)		Despesas com manejo de resíduos sólidos (R\$/ano)		População atendida pela coleta regular de resíduos (%)		Existência de catadores de materiais recicláveis das associações e/ou cooperativas no setor		Realização de campanhas de conscientização ambiental no setor		Parcela de escolas municipais do setor que implementam programas de conscientização sobre resíduos (%)	
	X	X'	X	X'	X	X'	X	X'	X	X'	X	X'
Altiplano	166,444.58	0.94	1,586,147.12	0.91	100%	1.00	Sim	1	Não	0	1	1.00
Alto do Mateus	221,338.14	0.89	2,331,148.71	0.84	100%	1.00	Não	0	Não	0	0.75	0.75
Bairro das Indústrias	359,872.80	0.76	1,911,487.27	0.88	100%	1.00	Não	0	Não	0	0.75	0.75
Bairro dos Estados	246,866.64	0.86	1,568,376.44	0.92	100%	1.00	Sim	1	Não	0	1	1.00
Bairro dos Ipês	143,648.42	0.96	1,309,410.55	0.94	100%	1.00	Sim	1	Não	0	0	0.00
Bancários	350,491.64	0.77	2,525,411.11	0.82	100%	1.00	Sim	1	Sim	1	1	1.00
Castelo Branco	142,564.66	0.96	1,507,166.32	0.92	100%	1.00	Não	0	Não	0	0	0.00
Cruz das Armas	338,093.44	0.78	3,112,299.21	0.76	100%	1.00	Não	0	Não	0	1	1.00
Ernesto Geisel	274,881.96	0.84	2,078,258.27	0.87	100%	1.00	Sim	1	Não	0	0.67	0.67
Grotão	122,084.82	0.97	725,408.28	1.00	100%	1.00	Não	0	Não	0	1	1.00
Jardim Cidade Universitária	269,549.96	0.84	3,885,551.63	0.69	100%	1.00	Sim	1	Não	0	0	0.00
Jardim Veneza	136,746.58	0.96	1,991,835.04	0.87	100%	1.00	Não	0	Não	0	1	1.00
João Paulo II	307,527.44	0.81	2,915,758.53	0.78	100%	1.00	Não	0	Não	0	0	0.00
Manaíra	633,315.12	0.52	4,019,515.22	0.67	100%	1.00	Sim	1	Não	0	1	1.00
Mangabeira	1,228,431.42	0.00	10,769,184.08	0.00	100%	1.00	Sim	1	Não	0	0.88	0.88
Padre Zé	92,756.34	1.00	909,494.30	0.98	100%	1.00	Não	0	Não	0	1	1.00
Paratibe	174,105.30	0.93	3,177,458.37	0.76	100%	1.00	Não	0	Não	0	1	1.00
Tambaú	290,583.46	0.83	1,503,521.05	0.92	100%	1.00	Sim	1	Sim	1	0	0.00

Torre	315,732.52	0.80	2,057,905.52	0.87	100%	1.00	Sim	1	Não	0	1	1.00
Treze de Maio	134,812.18	0.96	1,210,228.89	0.95	100%	1.00	Sim	1	Não	0	1	1.00


X – Valor real; X' – Valor normalizado

**APÊNDICE M - NORMALIZAÇÃO DO INDICADOR “GERAÇÃO DE
RESÍDUOS POR COMPOSIÇÃO” POR MEIO DA METODOLOGIA
FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO**

Bairro	Recicláveis (Parcela orgânica + seca)	Rejeito	Pontuação Associada
Altiplano	54.59%	17.54%	0.5
Alto do Mateus	69.71%	21.96%	0.5
Bairro das Indústrias	65.44%	24.81%	0.5
Bairro dos Estados	67.49%	28.03%	0.5
Bairro dos Ipês	71.74%	21.44%	0.5
Bancários	68.83%	21.51%	0.5
Castelo Branco	67.55%	19.55%	0.5
Cruz das Armas	69.15%	21.00%	0.5
Ernesto Geisel	68.26%	24.67%	0.5
Grotão	60.17%	27.90%	0.5
Jardim Cidade Universitária	67.06%	21.72%	0.5
Jardim Veneza	67.91%	20.88%	0.5
João Paulo II	66.50%	21.83%	0.5
Manaíra	67.08%	29.02%	0.5
Mangabeira	65.05%	27.05%	0.5
Padre Zé	60.95%	27.79%	0.5
Paratibe	69.65%	17.55%	0.5
Tambaú	63.85%	30.15%	0.1
Torre	70.42%	20.76%	0.5
Treze de Maio	65.46%	27.54%	0.5

ANEXO A

Aprovação do instrumento de coleta de dados pelo Comitê de Ética em Pesquisa Hospital Universitário Lauro Wanderley da Universidade Federal da Paraíba (HULW-UFPB)

DETALHAR PROJETO DE PESQUISA	
- DADOS DO PROJETO DE PESQUISA	
<p>Título Público: DESENVOLVIMENTO DE ÍNDICE DE GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS BASEADO NA SETORIZAÇÃO DA COLETA. ESTUDO DE CASO: JOÃO PESSOA-PB, BRASIL Pesquisador Responsável: ANA CECILIA NOVAES DE SA Contato Público: ANA CECILIA NOVAES DE SA Condições de saúde ou problemas estudados: Descritores CID - Gerais: Descritores CID - Específicos: Descritores CID - da Intervenção: Data de Aprovação Ética do CEP/CONEP: 12/09/2023</p>	
- DADOS DA INSTITUIÇÃO PROPONENTE	
<p>Nome da Instituição: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental Cidade: JOÃO PESSOA</p>	
- DADOS DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA	
<p>Comitê de Ética Responsável: 5183 - UFPB - Hospital Universitário Lauro Wanderley da Universidade Federal da Paraíba Endereço: Rua Tabeleão Stanislaw Eloy, 585, 2º andar Castelo Branco Telefone: (83)3206-0704 E-mail: cep.hulw@ebserh.gov.br</p>	
- CENTRO(S) PARTICIPANTE(S) DO PROJETO DE PESQUISA	
- CENTRO(S) COPARTICIPANTE(S) DO PROJETO DE PESQUISA	