

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
(PPGECIA)

RODOLFO OLIVEIRA COSTA

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA AVALIAÇÃO DA COLETA
SELETIVA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM ARACAJU-SE**

SÃO CRISTÓVÃO - SE

2024

RODOLFO OLIVEIRA COSTA

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA AVALIAÇÃO DA COLETA
SELETIVA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM ARACAJU-SE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciências Ambientais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciências Ambientais.

Orientador: Professor Dr. Bruno Santos Souza

SÃO CRISTÓVÃO - SE

2024

RODOLFO COSTA

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA AVALIAÇÃO DA COLETA
SELETIVA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM ARACAJU-SE**

Dissertação de Mestrado aprovada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e
Ciências Ambientais da Universidade Federal de Sergipe em 12 de abril de 2024

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Bruno Santos Souza
(PPGECIA/UFS)

Profa. Dr^a. Kelma Maria Nobre Vitorino
(IFS-SE)

Profa. Dr^a. Inaura Carolina Carneiro da Rocha
(PPGECIA/UFS)

AGRADECIMENTOS

À minha esposa, parceira de todas as horas, pelo apoio incondicional. Sem você não teria conseguido.

“Aos meus pais (in memoriam), filhos, enteada, irmãos, cunhado(a)s, sobrinhos e demais familiares que me incentivaram ao longo dos meus estudos.”

Ao meu orientador Bruno Santos Souza, por sua atenção especial, apoio, confiança e paciência no desenvolvimento do trabalho.

Às professoras Andrea Novelli e Inaura Carolina Carneiro da Rocha pelas preciosas orientações ao trabalho.

À toda equipe de professores do PPGECA que contribuiu para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Ao Diretor de Espaços Públicos e Abastecimento/EMSURB/Ubiraci Rabelo de Lima por ter permitido a realização deste mestrado.

Ao Diretor Operacional/EMSURB, Vinícius Almeida Melo, por todo o apoio e logística na execução do estudo gravimétrico e demais informações.

Ao Gerente de Engenharia/DIROP/EMSURB, Carlisson Sampaio Ferreira e toda sua equipe, pela presteza e apoio quanto às informações e dados necessários ao estudo.

À EMSURB, na pessoa do seu Presidente Bruno Moraes da Paixão Santos por ter permitido o desenvolvimento da pesquisa e a disponibilização de dados e informações necessárias ao estudo.

Às Cooperativas CARE e COORES, pela contribuição na pesquisa.

A todos os especialistas que participaram, pela seriedade que demonstraram ao contribuir com a pesquisa.

Aos colegas da pós-graduação, com quem tive a oportunidade de trocar conhecimento e amizade.

Especialmente a Deus por me permitir viver grandes momentos e superar obstáculos.

A todos o meu agradecimento!

“As cousas árduas e lustrosas se alcançam com
trabalho e com fadiga”.

(Luís de Camões, Os Lusíadas, 1572)

RESUMO

A área do gerenciamento dos resíduos sólidos tem uma vital importância para qualquer cidade. Na cidade de Aracaju/SE, isso não é diferente e esta pesquisa visou fazer uma contribuição no sentido de propor a utilização de Indicadores de Sustentabilidade - IS, selecionados com correlação à coleta seletiva e dentro das dimensões ambiental, econômica, institucional/operacional e sociocultural, e assim avaliar o sistema de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos da cidade por meio de uma matriz de sustentabilidade. Junto a esta investigação, também foi desenvolvido um estudo gravimétrico dos resíduos sólidos urbanos. A metodologia empregada foi baseada em um formato de estudo descritivo exploratório quali-quantitativo, com levantamento bibliográfico específico, além de observações, registros e coleta de dados. Com os resultados obtidos do estudo gravimétrico, evidenciou-se o potencial para o desenvolvimento de trabalhos voltados à compostagem dos resíduos, além da necessidade de ampliar a educação ambiental em toda a cidade, especificamente com a coleta seletiva. Quanto ao nível de sustentabilidade, a sua valoração final foi o suficiente para classificar o sistema como de média sustentabilidade (NS = 5,20), onde a ordem de desempenho das dimensões na matriz encontrada foi: econômico < ambiental < institucional/operacional < sociocultural. Assim, acredita-se que os administradores do município devam dar atenção aos indicadores propostos neste estudo, de forma a melhorar seus pontos fracos (dimensão econômica) e potencializar os fortes (dimensão sociocultural), e assim obter melhorias continuadas, para o gerenciamento dos resíduos sólidos.

PALAVRAS-CHAVE: Estudo gravimétrico; Indicadores de sustentabilidade; Gestão de resíduos sólidos; Sustentabilidade local.

ABSTRACT

The area of solid waste management is of vital importance to any city. In the city of Aracaju/SE, this is no different and this research aimed to contribute in the sense of proposing the use of sustainability indicators, selected with correlation to selective collection and within the environmental, economic, institutional/operational and socio-cultural dimensions, and thus evaluate the system of selective collection of urban solid waste in the city by means of a sustainability matrix. Alongside this research, a gravimetric study of municipal solid waste was also carried out. The methodology employed was based on a descriptive, exploratory, qualitative, and quantitative study format, with a specific bibliographic survey, as well as observations, records and data collection. The results obtained from the gravimetric study showed the potential for developing work aimed at composting waste, as well as the need to expand environmental education throughout the city, specifically with selective collection. As for the level of sustainability, its final score was enough to classify the system as medium sustainability (NS = 5.20), where the order of performance of the dimensions in the matrix found was: economic < environmental < institutional/operational < socio-cultural. It is therefore believed that the municipality's administrators should pay attention to the indicators proposed in this study, to improve their weak points (economic dimension) and enhance their strong points (socio-cultural dimension), and thus achieve continued improvements in solid waste management.

KEYWORDS: Gravimetric study; Sustainability indicators; Solid waste management; Local sustainability.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estudos publicados desde 2002 sobre Indicadores de Sustentabilidade.	24
Quadro 2 - Padrão de cores da Resolução CONAMA nº 275/2001.	32
Quadro 3 - Roteiro da coleta seletiva porta a porta em Aracaju/SE.	35
Quadro 4 - Indicadores de Sustentabilidade propostos em função das dimensões.	39
Quadro 5 - Representação da sustentabilidade.	42
Quadro 6 - Bairros aracajuanos organizados em função de sua densidade populacional	46
Quadro 7 - Valoração dos indicadores de sustentabilidade - Notas atribuídas.	60

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização geográfica do município de Aracaju/SE.....	37
Figura 2 - Cooperativa CARE - galpão.	43
Figura 3 - Ecoponto - Coroa do Meio.	44
Figura 4 - Ponto de Entrega Voluntária (PEV).	44
Figura 5 - Mapa dos setores do estudo gravimétrico e ecopontos de Aracaju/SE.	49
Figura 6 - Veículo e contentores utilizados na coleta	50
Figura 7 - Local de processamento do estudo gravimétrico.....	51
Figura 8 - Percentual da composição gravimétrica média dos RSU no Brasil.....	54
Figura 9 - Gráfico Dimensão x Notas Obtidas para Aracaju/SE.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva, 2010 a 2018.	33
Tabela 2 - Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil e regiões.	34
Tabela 3 - Consolidação dos dados obtidos na gravimetria dos RSU de Aracaju.	52
Tabela 4 - Média dos valores para a composição gravimétrica dos RSU para Aracaju/SE..	53
Tabela 5 - Setores com maior e menor índice de geração para cada tipo de resíduo caracterizado na gravimetria de Aracaju/SE.	54
Tabela 6 - Custos contidos nos indicadores da dimensão econômica (Base: 2022).	58

LISTA DE ABREVIACÕES E UNIDADES

ABLP – Associação Brasileira de Resíduos Sólidos e Limpeza Pública

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

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

ADEME – Agência Francesa de Meio Ambiente e Gestão de Energia

APP – Área de Proteção Permanente

CARE – Cooperativa dos Agentes Autônomos de Reciclagem de Aracaju

COORES – Cooperativa de Reciclagem do Bairro Santa Maria

CSD – Comissão de Desenvolvimento Sustentável

DESO – Companhia de Saneamento de Sergipe

DFA – Disposição Final Adequada

EMSURB – Empresa Municipal de Serviços Urbanos

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde

GRSU – Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IS – Indicadores de Sustentabilidade

LNSB – Lei Nacional de Saneamento Básico

MRS – Manejo de Resíduos Sólidos

NBR – Norma Brasileira Recomendada

NS – Nível de Sustentabilidade)

ODS – Objetivo de Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

ORIZON – Empresa Responsável pelo Transbordo e Aterro Sanitário de Rosário do Catete/SE

PEV – Ponto de Entrega Voluntária

PIB – Produto Interno Bruto

PLANRS – Plano Nacional de Resíduos Sólidos

PMGIRS – Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos

PMA – Prefeitura Municipal de Aracaju

PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNSB – Pesquisa Nacional de Saneamento Básico

RCC – Resíduo da Construção Civil

RDO – Resíduo Domiciliar

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SEMFAS – Secretaria Municipal da Família e da Assistência Social

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SNVS – Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	18
3 REVISÃO DA LITERATURA	19
3.1 SUSTENTABILIDADE.....	19
3.2 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE	20
3.3 RECICLAGEM.....	25
3.4 DEFINIÇÃO, CONCEITOS E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	26
3.5 LEGISLAÇÃO	28
3.6 COLETA SELETIVA	32
3.6.1 COLETA SELETIVA EM ARACAJU/SE.....	34
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	35
4.2 MODALIDADE DE PESQUISA	38
4.3 ESCOLHA DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE.....	38
4.4 CAMPO DE OBSERVAÇÃO	42
4.5 COLETA DE DADOS	43
4.6 ESTUDO GRAVIMÉTRICO.....	45
4.6.1 SELEÇÃO DAS ÁREAS/SETORES	45
4.6.2 SELEÇÃO DAS ROTAS PARA A AMOSTRAGEM.....	48
4.6.3 DEFINIÇÃO DAS CATEGORIAS DOS MATERIAIS DO ESTUDO.....	50
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
6 CONCLUSÃO	67

1 INTRODUÇÃO

É sabido que o atual estágio de desenvolvimento da sociedade urbanizada é marcado por diversas preocupações quanto ao meio ambiente e à qualidade de vida, como desmatamentos irregulares, descartes incorretos de materiais em canais de águas pluviais e terrenos baldios, poluição atmosférica, dentre outros, além dos agravos da saúde, com a elevação de vetores de veiculação hídrica, que aumentam casos de dengue, cólera e leptospirose.

Sob um determinado ponto de vista, o que se observa em uma sociedade, é que quando um modelo de funcionamento econômico não é sustentável, invariavelmente, há um atendimento capitalista, que beneficia apenas o sistema de produção e o consumo por bens e serviços, e desse modo, traz sérios problemas, como levar à exaustão dos recursos naturais, gerar um grande volume de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) sem o tratamento correto, dentre outros, que tendem a pressionar a administração pública municipal, caso não sejam geridos com a devida atenção.

Essa situação consumista e egocêntrica encontra espaço no Brasil, onde um grande número de municípios, com realidades financeiras, políticas, educacionais e institucionais distintas, lida diariamente com esse problema multidimensional. Essa combinação de influências e configuração de consequências sobre o meio ambiente e o ser humano, afeta também, o município de Aracaju-SE, um local de alta densidade populacional e objeto desse estudo.

Dentre as diversas carências de uma sociedade, os municípios enfrentam um grande desafio em comum, que é perseguir o desenvolvimento sustentável, o qual deve ser feito por meio de ações que almejem o progresso das cidades, mantendo o equilíbrio entre a busca pelo desenvolvimento e as possíveis consequências que venham a surgir nesse caminho.

A reflexão sobre esse problema ambiental levou ao crescimento da consciência sobre padrões de vida incompatíveis com o processo de regeneração do meio ambiente. Esse novo pensamento, que começou a surgir a partir da década de 1970, conduziu à elaboração do conceito de desenvolvimento sustentável. Ele preconiza um tipo de desenvolvimento que garanta qualidade de vida, não só para as gerações atuais, mas também para as futuras, sem a destruição da sua base de sustentação, que é o meio ambiente (van Bellen, 2004).

Nesse contexto, a gestão dos resíduos sólidos é de fundamental importância para o alcance da sustentabilidade municipal e a coleta seletiva se destaca como um instrumento que tende às principais vertentes desse sistema.

Assim a prática desse tipo de coleta tem se tornado, cada vez mais, uma atividade necessária e de urgência no dia a dia de uma sociedade, pois ela se potencializa no estilo de vida moderno, onde há um consumo desenfreado por produtos e serviços, gerando grande quantidade de descartes de materiais. Em relação a normativas legais, o advento da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, com a Lei nº 12.305/2010, dentre outros pontos, trouxe clareza e um grande avanço jurídico nesse aspecto, pois *“reconheceu o resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania”* (artigo 6º, inciso VIII).

No entanto, após mais de uma década da criação dessa Lei, devido ao baixo engajamento no Brasil, tem-se observado uma carência e relutância em implementar adequadamente ações da coleta seletiva nas cidades, o que prejudica na obtenção de melhorias significativas no gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSU que, dentre muitos aspectos, influencia a saúde pública, o meio ambiente, a economia e a cultura local. Nesse contexto, estão inseridos as cooperativas e os catadores de materiais recicláveis, que desempenham papel fundamental em soluções e esforços no desenvolvimento sustentável das cidades, com ações estratégicas de participação e inclusão social no processo, evitando a degradação ambiental e contribuindo para o adequado gerenciamento dos RSU.

A sustentabilidade e o crescimento dos programas de coleta seletiva são um problema complexo, e que envolvem uma análise multivariada dos fatores econômicos, sociais, ambientais, culturais e organizacionais, de tal modo que, a consolidação de indicadores de desenvolvimento sustentável, que analisa o desempenho de instituições, está expresso no planejamento da própria Agenda 21, instrumento que tem como foco a construção do ideal de sociedades sustentáveis, criado em 1992, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente – Eco 92. Porém, a maioria das entidades governamentais ainda não desenvolveram mecanismos para avaliar a eficiência de suas atividades (Silva, 2021).

Assim, o uso de indicadores para avaliar o desempenho de medidas é bem útil para a tomada de decisão sobre o andamento de um determinado sistema. E nesse sentido, a inserção da dimensão resíduos sólidos, em avaliações de sustentabilidade local utilizando um método de indicadores que reflita a realidade de um determinado local não é simples. Pois, nas avaliações de sustentabilidade, aspectos importantes a serem considerados na análise, são transformados e incorporados ao sistema, o que muitas vezes resulta em ferramentas complexas e densas. Uma preocupação que se deve ter na tentativa de olhar de forma holística esse fenômeno, é verificar se os sistemas de indicadores negligenciam alguns pontos importantes para o desenvolvimento sustentável, ou seja, se na tentativa de abranger uma

grande parte dos aspectos, os indicadores se tornam superficiais e informações importantes são perdidas no processo. No caso de aspectos complexos, como a temática dos resíduos sólidos, há uma maior probabilidade para que isso ocorra (Cetrulo *et al.*, 2020).

Assim, as principais particularidades que se destacam no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos municipais podem resultar na elaboração de indicadores, como redução na quantidade de resíduos gerados, sistema de coleta eficiente, transporte adequado dos resíduos, formas de descarte adequado dos resíduos, reciclagem e recuperação de recursos, gerenciamento correto de resíduos perigosos, conscientização e educação da população, criação de regulamentações e políticas sobre resíduos sólidos, definição dos locais mais adequados para instalação de Ponto de Entrega Voluntária - PEVs, verificar se tal população possui características fora de um padrão de sustentabilidade, entre outras tantas possibilidades.

Essa temática é tão difícil de lidar, que faltando sete anos para alcançar a Agenda 2030 (Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - ODS), nenhum país ainda foi capaz de atender de forma convincente a um conjunto de necessidades humanas básicas em um nível globalmente sustentável de uso de recursos. Todos estão distantes em graus variados do objetivo abrangente de equilibrar o bem-estar humano com um ambiente saudável. Cada país deve responder às suas próprias condições e prioridades com maneira estratégica para viabilizar um modelo diferente do “crescer primeiro e tirar a sujeira depois”. Desse modo, a transformação universal em direção ao desenvolvimento sustentável da atual década depende da realização simultânea de caminhos inovadores específicos de cada país (NAÇÕES UNIDAS - RELATÓRIO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL GLOBAL, 2019). É importante destacar que esse presente estudo se relaciona com os ODS de número 06 (Água potável e saneamento), de número 11 (Cidades e comunidades sustentáveis) e também, com o de número 12 (Consumo e produção responsáveis).

Nesse diapasão, verifica-se a urgência com a necessidade de preparar as cidades para os desafios que estão postos, buscando estar em constante evolução e aperfeiçoando a gestão municipal.

O município de Aracaju, que serve como parâmetro para contextualizar esta investigação, está localizado no Estado de Sergipe, no litoral nordeste do Brasil, abrangendo uma área de 182.163 km² e tem uma população de 602.757 habitantes e ganha interesse para o estudo, pois possui características relevantes, como uma taxa de crescimento da população de aproximadamente 1,20% (IBGE, 2021), que em relação à média dos últimos anos, é considerada elevada, o que contribui para o agravamento das condições atuais de

sustentabilidade da cidade, pois quanto maior a população, maior o gasto com água, energia e demais recursos, o que gera mais resíduos e rejeitos para serem gerenciados.

Ademais, o município possui um sistema de coleta seletiva em transformação, com atendimentos heterogêneos, e com destaque, está a vida útil do aterro sanitário que atende a cidade, que embora encontre-se em situação relativamente confortável, estimado em torno de quatro décadas, com o passar dos anos, sem intervenções que favoreçam a entrada somente de rejeitos, a tendência é atingir um estágio de encerramento antecipado.

Outro ponto bastante importante e de interesse nesse tipo de estudo, é o impacto sobre o conhecimento prático das atuações municipais, como a quantidade de campanhas educativas ambientais realizadas pela gestão pública local, informando e conscientizando a sociedade, de todas as opções e possibilidades para o gerenciamento correto dos resíduos.

De outro lado, esta pesquisa científica sobre os IS na coleta seletiva, pretende compreender melhor e preencher uma lacuna na área de interesse, fomentando o tema, trazendo diagnósticos e suscitando novas perspectivas para a gestão ambiental, bem como, contribuindo com um olhar atualizado e permitir novos estudos na área.

Desse modo, no contexto do gerenciamento dos resíduos sólidos, verifica-se a necessidade clara de avaliação do sistema de coleta seletiva da cidade de Aracaju, de forma a diagnosticar corretamente e valorar as condições atuais das suas operações.

2 OBJETIVOS

Para este estudo, o objetivo geral foi avaliar o nível de sustentabilidade do sistema de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos da cidade de Aracaju – SE.

E como objetivos específicos:

- selecionar e valorar diferentes indicadores específicos de sustentabilidade que se relacionam ao sistema de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos;
- determinar, por meio de estudo gravimétrico, os resíduos sólidos urbanos e suas percentagens em peso e volume;
- elaborar uma matriz de indicadores para o sistema de coleta seletiva de resíduos sólidos;
- propor melhorias para o desenvolvimento da coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos.

3 REVISÃO DA LITERATURA

O meio ambiente vem passando por mudanças profundas nas últimas décadas, com modificações contundentes dos recursos naturais, pois à medida em que o homem interage com a natureza, este produz alterações significativas em seu ambiente, ou seja, através das práticas adotadas no meio social ele produz mudanças, que tanto podem ser positivas ou negativas na qualidade do meio ambiente no qual está inserido. Com as mudanças ocorridas no mundo, em função das transformações econômicas e sociais e o forte apelo mercadológico para estimular o consumo, os hábitos da população têm sofrido uma mudança consistente (Ceretta *et al.*, 2013).

Diante desse fato, uma nova ordem mundial está sendo moldada e, acompanhada pela crescente vigilância da sociedade por meio de mecanismos de avaliação das atividades das empresas, está exigindo posturas efetivamente diferenciadas das organizações de todos os setores e esferas. Alguns desses mecanismos são os indicadores de responsabilidade social corporativa e, mais recentemente, os IS, que parecem buscar respostas mais adequadas aos anseios de uma consciência social, muito preocupada com o presente e o futuro do planeta (Silva *et al.*, 2014)

3.1 SUSTENTABILIDADE

O conceito de sustentabilidade veio da biologia, que estuda a natureza e está sendo aplicado pelas ciências que estudam a sociedade. Na biologia ele é usado para medir o quanto certo ambiente ou ecossistema suporta mudanças sem ser totalmente destruído. Por exemplo, quanto tempo uma floresta aguenta sem chuva ou o que acontece com ela se uma determinada espécie deixar de existir (Carestiato *et al.*, 2020).

Segundo Carestiato *et al.* (2020), podemos elencar as cinco principais dimensões da sustentabilidade:

- a) Sustentabilidade social: construção de uma civilização, onde haja igualdade no acesso aos recursos e serviços disponíveis na sociedade;
- b) Sustentabilidade ecológica: uso dos ecossistemas com sua mínima destruição;
- c) Sustentabilidade política: fortalecimento das instituições democráticas e a promoção da cidadania ativa;

- d) Sustentabilidade cultural: equilíbrio entre o respeito à tradição e a pesquisa por inovações tecnológicas;
- e) Sustentabilidade econômica: gestão eficiente dos recursos econômicos e naturais buscando o desenvolvimento local.

3.2 INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

A Lei nº 12.305/2010 tem no seu Art. 6º os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS e dentre eles o item III - a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considera as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública (Brasil, 2010). Nesse sentido, o atendimento a este item da Lei pode estar relacionado com o conhecimento de cada fase do processo e uso de métodos que envolvam mudanças específicas para buscar melhoras contínuas.

A formulação e a regulamentação das políticas ambientais municipais são importantes para conservar os recursos naturais, preservar a biodiversidade, e garantir um desenvolvimento global sustentável. A avaliação dessas políticas garante que a sociedade obtenha informações dos reais avanços trazidos por essas normativas. Nesse sentido, a elaboração de diagnósticos de qualidade de programas se tornou uma alternativa viável para analisar a realidade dos resíduos sólidos no Brasil, uma vez que, a legitimidade da PNRS, se dá a partir da atuação ativa do Estado na implementação e fiscalização de ações para a diminuição e o reaproveitamento dos resíduos (Silva, 2021). Com isso, o uso de indicadores é de suma importância para representar, com base científica, a compreensão de determinada atividade sobre algum aspecto, seja, ambiental, econômico, social, dentre outros, e assim avaliar a evolução da tomada de decisão.

O objetivo principal dos indicadores é o de agregar e quantificar informações de uma maneira que sua significância fique mais aparente e facilitar a análise e interpretação. Os indicadores simplificam as informações sobre fenômenos complexos tentando, com isso, melhorar o processo de comunicação (Van Bellen, 2004).

A Conferência Internacional da Organização das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em 1992, no Rio de Janeiro, adotou a Agenda 21 para transformar o desenvolvimento sustentável numa meta global aceitável. Para colocar os princípios da sustentabilidade em prática e adotar os princípios da Agenda 21, essa conferência criou a Comissão de Desenvolvimento Sustentável (CSD – *Commission on Sustainable Development*), cuja principal responsabilidade é a de monitorar o progresso alcançado.

Com isso, a necessidade de se consolidar indicadores de desenvolvimento sustentável foi expressa na própria Agenda 21, nos capítulos 8 e 40. A partir da conferência no Rio de Janeiro, a CSD adotou um programa de cinco anos para o desenvolvimento de instrumentos que fossem adequados àqueles que tomam decisões a nível nacional (Van Bellen, 2004).

Segundo Fehr *et al.* (2004), em suas mesmas palavras: “Definir metas para IS é relativamente fácil. É subjetivo e pode incluir pensamento positivo. O desafio consiste em fazer com que os cidadãos aceitem os indicadores e seus valores propostos e participem de sua conquista”.

Segundo Polaz e Teixeira (2009), uma proposta de IS para a gestão de resíduos sólidos de uma cidade, pode considerar cinco dimensões: ambiental, econômica, social, política e cultural, onde este processo envolve a revisão bibliográfica, a consulta a especialistas e a realização, por exemplo, de entrevistas com gestores públicos municipais. Esses tipos de indicadores são valorados de formas distintas, tal como, aqueles associados a uma dimensão ambiental podem ser avaliados considerando, de acordo com Santiago e Dias (2012), o plano de resíduos sólidos, já para a dimensão econômica, poderia ser usado, a existência de um orçamento específico para a gestão de resíduos sólidos, em relação ao indicador político, verificar se há leis/atos/normas regulatórias específicas direcionadas ao gerenciamento dos resíduos. E socioculturalmente um indicador possível é verificar a existência, por exemplo, de cooperativas locais. Dentre muitas outras possibilidades de construção de uma matriz de avaliação.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Brasil, 2010), a gestão integrada de resíduos sólidos é caracterizada como o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para esses resíduos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável. Esta gestão deve ser constantemente avaliada, e neste caso, os IS para a Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos - GRSU tornam-se instrumentos importantes para que os gestores públicos possam avaliar e monitorar a sustentabilidade ambiental e planejar estratégias que favoreçam a melhoria na qualidade de vida da população.

No estudo realizado por Santiago e Dias (2012), há a criação de uma matriz de IS para a gestão de resíduos sólidos urbanos que foi elaborada considerando seis dimensões de sustentabilidade: política, tecnológica, econômica/financeira, ambiental/ecológica, conhecimento e inclusão social. E como resultado, pôde-se obter conclusões desse processo metodológico que expressa o grau de sustentabilidade. E assim, com esse instrumento, os autores avaliaram e planejaram a gestão, ao longo do tempo focando em ações nas etapas de coleta, transporte, tratamento, destinação e disposição final ambientalmente adequada dos resíduos e

de rejeitos gerados. Além disso, outra funcionalidade desse estudo prevê que a sociedade pode ter informações de maneira mais fácil e avaliar os serviços públicos através dos registros documentados.

Em Fachine e Moraes (2014), a matriz de IS aborda quatro dimensões da sustentabilidade: institucional/operacional, econômica, ambiental e sociocultural e foi validada externamente por meio de duas rodadas do método *Delphi*. O grau de sustentabilidade encontrado na coleta seletiva de Salvador, foi correspondente a uma nota, que representa uma baixa sustentabilidade.

Quando são identificados índices, baixos ou modestos, no sistema de gerenciamento do RSU em uma cidade, a implantação de mudanças na gestão ambiental é essencial para as melhorias desses resultados, e o uso da matriz facilita na identificação das partes sensíveis da localidade avaliada, podendo por exemplo, atuar diretamente em questões que contribuíram pouco ao sistema (Barbosa, 2014).

No estudo de Khoo *et al.* (2015), são abordados quatro focos (pegada de carbono, energia, água e gestão de resíduos). No entanto, foi mencionado que diferentes indicadores foram desenvolvidos para atender várias necessidades e foram cuidadosamente selecionados com base em elementos específicos considerados importantes para um país. Portanto, é possível que outros indicadores sejam relevantes, dependendo de suas necessidades e prioridades em relação ao desenvolvimento sustentável.

Segundo Ak e Braida (2015), um modelo abrangente pode ajudar a avaliar a sustentabilidade do sistema municipal de gestão de resíduos, como um índice de sustentabilidade de pontuação única que avalia a sustentabilidade do sistema municipal de gerenciamento de resíduos sólidos de uma determinada cidade, levando em consideração vários fatores, incluindo custos ambientais, técnicos, sociais e de ciclo de vida do material, bem como a análise exergética. A análise exergética é uma ferramenta importante para avaliar a eficiência energética e a sustentabilidade de um sistema. No entanto, é específico e mais indicado para estudar processos industriais, onde há perda de energia e que precisam de melhorias.

Os resíduos sólidos urbanos sempre tiveram algum potencial de reuso ou de reciclagem, mas de um modo geral, eles acabam sendo um problema a ser resolvido pelas cidades da forma mais econômica possível, e não como recursos que podem ser recuperados (Davies; Masten, 2016, p.17).

O descarte de resíduos sólidos é visto como problemático, sobretudo em áreas densamente povoadas. Verifica-se, que normalmente, quanto mais concentrada for a população, em uma determinada área, maior se torna o problema, o qual se agrava ainda mais

quando essa concentração é desordenada. Sob outro aspecto, a massa total de resíduos acaba sendo menor em regiões habitadas por populações de baixa renda, possuindo uma maior porcentagem de restos de alimentos (Davies; Masten, 2016, p. 654).

Em particular, a cidade de Aracaju tem a coleta de Resíduos Domiciliares - RDO atendendo toda a área da capital, sendo realizada em dias alternados de coleta. No entanto, o problema dessa cidade está em atuar em todas as variáveis dos resíduos sólidos urbanos como prevê a Lei 12.305/2010, que apresenta em seu artigo 9º a ordem de prioridades de ação para o gerenciamento dos resíduos sólidos: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Em particular, este estudo dará maior ênfase à temática da reciclagem.

Sob o aspecto de outra legislação, em atendimento ao que preconiza a Lei 11.445/2007, onde diz que: “*Art. 19. A prestação de serviços públicos de saneamento básico observará plano, que poderá ser específico para cada serviço, o qual abrangerá, no mínimo: (...) V - Mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas*” (Brasil, 2007).

Os indicadores são mecanismos de gestão amplamente utilizadas para o controle da qualidade, para o acompanhamento, para fins operacionais, para subsidiar a tomada de decisões, bem como para servir de suporte para eventuais revisões necessárias. Se os mesmos forem associados com outras ferramentas como cartas de controle, o acompanhamento do desempenho dos processos ficará facilitado, desde que os indicadores sejam em número suficiente e com abrangência adequada para a abordagem desejada. Além disso, os indicadores são ferramentas gerenciais que permitem a avaliação da regularidade, da perenidade e da cobertura dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, em atendimento à Lei nº 12.305, de 2010 (PMSB, 2017).

Assim, em função da relevância e escopo de cada objeto de estudo, pode-se trabalhar com diversos IS, separados por categorias, como meio atmosférico (ar), aquoso (água), antroposfera (flora), biosfera (fauna), energético (calor), dentre outros.

Diante da importância dos IS para o gerenciamento dos RSU, foi realizada uma pesquisa bibliográfica a respeito do assunto em trabalhos desenvolvidos nos últimos vinte e dois anos. A pesquisa utilizou a base de dados de periódicos licenciada pela biblioteca da Universidade Federal de Sergipe e também se utilizou uma pesquisa por área de conhecimento: engenharias/engenharia sanitária, onde se acessou a coleção principal da *Web of Science* e por fim a plataforma *Google Scholar*.

O Quadro 1 apresenta uma lista de vários estudos sobre IS encontrados nesse período.

Quadro 1 - Estudos publicados desde 2002 sobre Indicadores de Sustentabilidade.

Fonte	Estudo realizado
Milanez (2002)	Indicadores de sustentabilidade para RS - Jaboticabal (SP)
Borja e Moraes (2003)	Indicadores de saúde ambiental com enfoque para área de Saneamento. Parte 1 – Aspectos Conceituais e Metodológicos
van Bellen (2004)	Indicadores de sustentabilidade - um levantamento dos principais sistemas de avaliação
Lima (2006)	Implantação de um programa de coleta seletiva porta a porta com inclusão de catadores: estudo de caso em Londrina - PR
Rosseto (2006)	Gestão ambiental integrada ao desenvolvimento sustentável: um estudo de caso em Passo Fundo - RS
Bringuenti <i>et al.</i> (2007)	Utilização de indicadores como ferramenta para a gestão de programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos
Günther <i>et al.</i> (2007)	Construção de indicadores de sustentabilidade para programas municipais de coleta seletiva e organizações de catadores: desafios conceituais e metodológicos
Dias (2009)	Posição de uma matriz de indicadores de sustentabilidade em gestão integrada de resíduos sólidos urbanos e sua aplicação em um estudo de caso
Polaz (2009)	Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos - SP
Kovacs <i>et al.</i> (2010)	Índice para avaliação do desempenho da coleta seletiva (SP)
Besen (2011)	Indicadores e índices de sustentabilidade para coleta seletiva e organizações de catadores (SP)
Munck (2011)	Ecoeficiência: uma análise das metodologias de mensuração e seus respectivos indicadores
Santiago e Dias (2012)	Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos
Prata (2013)	Gestão de resíduos da construção civil na zona urbana do município de Lagarto – SE: do diagnóstico a uma proposta de modelo gerencial
Fechine (2014)	Indicadores de sustentabilidade como instrumentos para avaliação de programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos e sua aplicação na cidade de Salvador-BA

Oliveira e Castro (2014)	Desenvolvendo indicadores para a gestão sustentável de resíduos sólidos nos municípios de Iranduba, Manacapuru e Novo Airão, Amazonas, Brasil
Barros (2018)	Uso de indicadores de sustentabilidade para avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Belo Horizonte – MG
Oliveira (2018)	Indicadores de sustentabilidade como instrumento de apoio à coleta seletiva solidária em instituições federais de ensino superior
Souza (2018)	Municipal solid waste management: analysis of sustainability indicators in the metropolitan área of Fortaleza – CE
Cetrulo <i>et al.</i> (2020)	Indicadores de resíduos sólidos em sistemas de avaliação de sustentabilidade local: uma revisão da literatura
Novaes (2021)	Indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos: uma análise nos municípios de Barra Mansa e Volta Redonda - RJ
Silva (2021)	Uso de indicadores de sustentabilidade para analisar o desempenho do programa de coleta seletiva e da gestão das organizações de catadores do município de João Pessoa – PB
Tisoco e Pinheiro (2023)	Indicadores de sustentabilidade da gestão de resíduos sólidos urbanos para municípios brasileiros: desenvolvimento e validação da ferramenta

Fonte: próprio autor.

Assim, verifica-se a importância do tema onde cada autor buscou avaliar diferentes locais ao retratar a realidade de cada gestão.

3.3 RECICLAGEM

Sendo de suma importância para a avaliação de indicadores ambientais para a gestão de resíduos sólidos municipais está a reciclagem, que é a forma correta de destinação de diversos resíduos, segundo a PNRS (Brasil, 2007). Dentro do processo de destinação ambientalmente adequado, verifica-se que cada tonelada de resíduo sólido desviada do descarte, seja para ser reutilizada, reciclada, convertida em um processo de geração de energia ou compostada, é uma tonelada a menos de resíduo sólido que deixa de ir para o aterro

sanitário ou que poderia acabar no meio ambiente. Assim, ao implementar estratégias de gestão de resíduos ambientalmente benéficas, uma população pode reduzir sua dependência de aterros sanitários. Como pontos positivos das atividades decorrentes da reciclagem está a economia de energia, que é um importante benefício ambiental da indústria recicladora, porque a geração de energia elétrica, em alguns casos, requer das concessionárias de energia um consumo de combustível fóssil e resulta em emissões que poluem o ar e a água. É importante mencionar que, a energia necessária para o processo de fabricação do papel, plástico, vidro e metal a partir de materiais reciclados é geralmente menor do que a energia necessária para produzi-los a partir de materiais virgens (Das, 2005, p. 546).

A prática da reciclagem dentro da indústria recicladora pode ser vista predominantemente de duas maneiras, aberta ou fechada. A reciclagem em circuito fechado, ou reciclagem primária, consiste no uso de produtos recicláveis para produzir itens idênticos ou semelhantes, como ocorre com as garrafas de vidro e latas de alumínio. A reciclagem secundária, ou de ciclo aberto, é o uso de materiais recicláveis para gerar produtos novos, com características distintas do produto original. Por exemplo, as embalagens de leite fabricadas com polietileno de alta densidade podem ser transformadas em brinquedos ou tubos de drenagem. Mas ainda existe um terceiro nível da reciclagem, a reciclagem terciária, que é empregada para a recuperação dos compostos químicos, ou a energia (calor), contidos em materiais descartados após o consumo (Davies; Masten, 2016, p.663).

Outro ponto importante sobre a prática da reciclagem que afeta os planos municipais de gerenciamento integrado de resíduos sólidos (PMGIRS), é em relação à prioridade de acesso aos recursos vindos da união para os municípios, para os que implantarem a coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formados por pessoas físicas de baixa renda, conforme descreve o artigo 18º da Lei nº 12.305/2010.

3.4 DEFINIÇÃO, CONCEITOS E CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Tecnicamente alguns termos relacionados à temática deste estudo possuem suas definições estabelecidas para o claro entendimento junto aos gestores, principalmente. Segundo a Política Nacional dos Resíduos Sólidos instituída pela Lei nº 12.305 de 2010, em seu artigo 3º, entende-se por resíduos sólidos como, todo:

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

E para um adequado gerenciamento dos resíduos sólidos, é importante a separação dos materiais. A mesma Lei nº 12.305 categoriza os resíduos de duas maneiras, segundo a fonte (origem) e quanto ao dano que pode acometer (periculosidade). A seguir são apresentadas conforme descreve em seu Art. 13 tais classificações.

I - Quanto à origem:

a) resíduos domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;

b) resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;

c) resíduos sólidos urbanos: os englobados nas alíneas “a” e “b”;

d) resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos nas alíneas “b”, “e”, “g”, “h” e “j”;

e) resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: os gerados nessas atividades, excetuados os referidos na alínea “c”;

f) resíduos industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;

g) resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;

h) resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

i) resíduos agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;

j) resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;

k) resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios;

II - Quanto à periculosidade:

a) resíduos perigosos: aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica;

b) resíduos não perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a”.

Parágrafo único. Respeitado o disposto no Art. 20, os resíduos referidos na alínea “d” do inciso I do caput, se caracterizados como não perigosos, podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, ser equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

3.5 LEGISLAÇÃO

Dentre as principais normativas legais brasileiras aplicáveis no contexto da temática deste estudo, podem-se destacar as seguintes:

3.5.1 Lei Federal nº 9.605/1998 – Lei de Crimes Ambientais

Define sanções para a prática de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, englobando o gerenciamento inadequado de resíduos sólidos. Diz o Art.54. Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora: ...§ 2º se o crime: ... V - ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos: pena – reclusão, de um a cinco anos (Barbosa, 2014).

3.5.2 Lei Federal nº 9.795/1999 - Política Nacional de Educação Ambiental

A Lei nº 9.795 foi promulgada em 1999, especificamente voltada à Educação Ambiental, que estava prevista em nossa Constituição Federal (artigos. 205 e 225, parágrafo

primeiro). Essa Lei é apenas parte de toda a ação que deve tomar o Poder Público no sentido de buscar mais educação e conscientização da população para a necessidade de preservação do meio ambiente e o exercício da cidadania (Barbosa, 2014).

3.5.3 Lei Federal nº 11.445/2007 – Define as diretrizes nacionais para o saneamento básico

A Lei Nacional de Saneamento Básico, instituída por meio da Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, é o marco legal do saneamento no País e foi regulamentada três anos depois por meio do Decreto Federal nº 7.217, de 21 de junho de 2010. Em 2020, essa Lei foi atualizada para o novo marco do saneamento básico com a Lei nº 14.026, definindo o saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas.

Conforme a Lei Nacional de Saneamento Básico, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos constituem todas as fases de: infraestrutura e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do resíduo doméstico e do resíduo de varrição e limpeza de logradouros e vias públicas. Os demais tipos de resíduos sólidos provenientes de outras atividades antropogênicas, como os resíduos de serviços de saúde, resíduos industriais e resíduos de construção civil, não são abordados na LNSB enquanto componente do saneamento básico (Marchi, 2018).

3.5.4 Lei Federal nº 12.305/2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, estabelece um marco regulatório nacional que disciplina o gerenciamento dos resíduos, apontando condições de acesso a fontes de recursos federais e definindo as diretrizes gerais a serem seguidas por todos os entes federativos na busca pela melhoria do panorama nacional (Neto; Moreira, 2010).

Tanto as pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, com envolvimento direto ou indireto pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos possuem responsabilidades definidas na PNRS. A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida do produto é o conceito mais importante trazido pela PNRS. Isto posto, por ser uma política nacional, todos os titulares dos serviços públicos de saneamento básico, importadores, fabricantes,

comerciantes, distribuidores e consumidores estão sujeitos ao seu cumprimento (Marchi, 2018).

3.5.5 Lei Municipal nº 4.973/2017 – Institui o Plano Municipal de Saneamento Básico

Com a aprovação do Plano Integrado de Saneamento Básico, foi criada a Lei Municipal nº 4.973 de 2017, que constitui o marco legal do saneamento básico na cidade de Aracaju/SE e nele são elencadas as ações a serem realizadas no município, nos temas de esgotamento sanitário, abastecimento de água, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais (Faccioli *et al.*, 2016). Para realização do Plano Municipal de Saneamento Básico, o artigo 2º diz que o “Município de Aracaju atuará com cooperação com o Estado de Sergipe e a União Federal, especialmente tendo em conta a importância essencial da alocação de recursos públicos federais e os financiamentos com essa mesma origem” (Faccioli *et al.*, 2016, apud Pereira, 2020).

3.5.6 Norma Brasileira ABNT NBR 10004:2004 - Classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que possam ser gerenciados adequadamente

A norma estabelece que a classificação dos resíduos sólidos é baseada em 5 critérios de periculosidade: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Nesse caso, eles podem ser classificados em classe I - Resíduos Perigosos (industrial químico, industrial farmacêutico, explosivo, combustível, radioativo e hospitalar patogênico) e classe II - Resíduos Não Perigosos, que é subdividida em classe II A - Resíduos Não Inertes (domiciliar, industrial degradável e industrial orgânico) e classe II B - Resíduos Inertes (entulhos, resíduos de demolição, resíduos da construção civil, areia e pedras).

3.5.7 Decreto Federal nº 10.936/2022 – Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos

O Decreto aplica-se às pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado: responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos; e que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos (Brasil, 2022).

Assim, tem a responsabilidade compartilhada na forma individualizada e encadeada. Havendo sistema de coleta seletiva estabelecida pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou sistema de logística reversa, o consumidor deverá acondicionar de forma adequada os resíduos sólidos gerados e disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou para devolução (Brasil, 2022).

A coleta seletiva será realizada conforme determinação do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos. O sistema de coleta seletiva será implantado pelo titular do serviço público de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos; estabelecerá, no mínimo, a separação de resíduos secos e orgânicos, de forma segregada dos rejeitos; e será progressivamente estendido à separação dos resíduos secos em suas parcelas específicas. O sistema de coleta seletiva de resíduos sólidos priorizará a participação de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis constituídas por pessoas físicas de baixa renda. A coleta seletiva será implementada sem prejuízo da implementação e operacionalização de sistemas de logística reversa (Brasil, 2022).

A sustentabilidade econômico-financeira dos serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos será assegurada por meio de instrumento de remuneração, com cobrança dos usuários, garantida a recuperação dos custos decorrentes da prestação dos serviços essenciais e especializados (Brasil, 2022).

Os PMGIRS definirão programas e ações para a participação dos grupos interessados, em especial das cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis constituídas por pessoas físicas de baixa renda (Brasil, 2022).

Os PMGIRS serão elaborados, atualizados ou revistos, prioritariamente, de forma concomitante à elaboração dos planos plurianuais municipais. Os planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos identificarão e indicarão medidas saneadoras para os passivos ambientais originados, dentre outros, de: áreas contaminadas, inclusive lixões e aterros controlados; e empreendimentos sujeitos à elaboração de planos de gerenciamento de resíduos sólidos, nos termos do disposto na Lei nº 12.305, de 2010 (Brasil, 2022).

Os PMGIRS e os planos intermunicipais de resíduos sólidos deverão demonstrar o atendimento à sustentabilidade econômico-financeira decorrente da prestação de serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos e aos mecanismos de cobrança dos referidos serviços. Os Municípios com população total inferior a vinte mil habitantes, com base nos dados demográficos do censo mais recente da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, poderão adotar planos municipais simplificados de gestão integrada de resíduos sólidos (Brasil, 2022).

3.5.8 Resolução CONAMA nº 275/2001 – Estabelece um código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva

A resolução estabelece o código de cores para os diferentes tipos de resíduos na identificação de coletores e transportadores, e também nas campanhas informativas para a coleta seletiva.

É essencial que as campanhas de educação ambiental, sejam providas de um sistema de identificação de fácil visualização, de validade nacional e inspirado em formas de codificação já adotadas internacionalmente (Brasil, 2001).

O *Quadro 2* traz o padrão de cores da Resolução CONAMA nº 275/2001.

Quadro 2 - Padrão de cores da Resolução CONAMA nº 275/2001.

COR	RESÍDUO
	papel/papelão
	plástico
	vidro
	metal
	madeira
	resíduos perigosos
	resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde
	resíduos radioativos
	resíduos orgânicos
	resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação

3.6 COLETA SELETIVA

Definida como a coleta dos resíduos sólidos previamente separados, de acordo com a sua constituição ou composição (PNRS, art. 3º, inciso V).

Dentre os instrumentos elencados no artigo 8º da Lei nº 12.305/2010, há dentre outros, a coleta seletiva, ou seja, uma medida de desenvolvimento que pode ser aplicável dentro de um sistema de gerenciamento de resíduos sólidos com o intuito, seja para um município ou empresa, de buscar dar atendimento à sustentabilidade.

A implantação da coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos é de responsabilidade dos municípios, titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos (PNRS, art. 36, inciso II), que deverão estabelecer nos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos as metas de redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem, com vistas a reduzir a quantidade de rejeitos encaminhados para disposição final.

Em consonância com o Decreto nº 10.936/2022, o sistema de coleta seletiva deverá estabelecer, no mínimo, a separação de resíduos secos e orgânicos, de forma segregada dos

rejeitos. A separação dos resíduos secos será progressivamente estendida em suas parcelas específicas.

A partir dos dados disponíveis, observa-se que a coleta seletiva ainda é incipiente em grande parte dos municípios brasileiros e, quando existente, não abrange a totalidade dos domicílios. Além disso, nos sistemas de entrega de resíduos recicláveis (secos e orgânicos) ainda há grande volume de resíduos misturados, o que sinaliza a necessidade de ações de educação ambiental junto à população, pois quando a segregação não é realizada, se reduz o aproveitamento dos materiais, transformando-os em rejeitos, que seguem para unidades de disposição final. Também pode figurar como uma das causas, a baixa implementação da logística reversa de embalagens em geral, o que impacta diretamente os municípios brasileiros.

A *Tabela 1* aponta para um aumento tanto de municípios que declararam iniciativas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos, como também, para os que não têm coleta seletiva entre os anos de 2010 e 2018 (PLANARES, 2022).

Tabela 1 - Quantidade de municípios com iniciativas de coleta seletiva, 2010 a 2018.

Situação quanto à existência de coleta seletiva de "recicláveis secos"	Quantidade de municípios								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Sim	801	842	1.111	1.161	1.322	1.256	1.215	1.256	1.322
Não	1.250	1.258	1.932	2.411	2.443	2.264	2.455	2.300	2.146

Fonte: SNIS-RS, 2012 a 2019 (ano-base 2010 a 2018).

A *Tabela 2*, apresenta o percentual de municípios (75,1%) que possuem coleta seletiva, no Brasil. A região que apresenta o menor percentual é o Centro-Oeste, com 51,40% e o maior percentual é o Sul, com 91,40%. Vale ressaltar, que em muitos municípios há a coleta seletiva, mas a população não é atendida na sua totalidade e em muitos casos são apenas iniciativas pontuais (Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, 2021, ABRELPE).

Tabela 2 - Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil e regiões.

Mun./coleta seletiva	REGIÃO					
	NORTE	NORDESTE	CENTRO- OESTE	SUDESTE	SUL	BRASIL
SIM	66,20%	57,70%	51,40%	91,20%	91,40%	75,10%
NÃO	33,80%	42,30%	48,60%	8,80%	8,60%	24,90%

Fonte: ABRELPE, 2021.

3.6.1 COLETA SELETIVA EM ARACAJU/SE

O atual sistema de coleta seletiva utilizado em Aracaju baseia-se na combinação da coleta por meio da disponibilização dos Pontos de Entrega Voluntária – PEVs, da coleta pública porta-a-porta, *Quadro 3*, e na coleta programada realizada pelas Cooperativas diretamente aos cidadãos e às empresas cadastradas, além da possibilidade de utilização dos ecopontos para descarte do material.

Segundo a EMSURB, atualmente, 38% dos aracajuanos são cobertos por esse modelo público e de forma regular, onde os materiais coletados seletivamente em cada bairro são transportados para uma das cooperativas parceiras do município, de onde é realizado o processamento minucioso de contabilização, segregação, classificação e enfardamento. O RSU restante é destinado ao aterro sanitário do estado, localizado no município de Rosário do Catete gerenciado pela empresa ORIZON.

Dados oficiais da EMSURB, contabilizam que em 2022, o sistema da coleta seletiva municipal absorveu um total de 221,35 toneladas/mês de resíduos. Esse número deveria ser maior, uma vez que a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010) prevê a proibição do encaminhamento de materiais passíveis de reciclagem para Aterros Sanitários, sendo necessário o seu aproveitamento por meio de processos de coletas seletivas e instalações adequadas para o recebimento desse material para posterior triagem pelos catadores.

Desta forma, fica evidente a necessidade de um estudo de caracterização dos resíduos sólidos coletados na cidade para que se possa contribuir com o planejamento e melhoria do programa de coleta seletiva.

Quadro 3 - Roteiro da coleta seletiva porta a porta em Aracaju/SE.

DIA DA SEMANA	BAIRRO	LOCAL DE ATUAÇÃO
Segunda-feira	Luzia	Conj. Beira Mar
Segunda-feira	Ponto Novo	Médici
Segunda-feira	Farolândia	Jardim Baiano
Segunda-feira	América	Unit
Segunda-feira	Cirurgia	Bairro América
Segunda-feira	Getúlio Vargas	Cirurgia
Segunda-feira	Farolândia	Getúlio Vargas
Segunda-feira	Farolândia	Conj. Augusto Franco (CORES)
Terça-feira	Diversos	Órgãos Públicos
Terça-feira	Aeroporto	Aeroporto
Terça-feira	Atalaia	Atalaia
Terça-feira	Coroa do Meio	Coroa do Meio
Quarta-feira	Ponto Novo	Av. Santa Gleide
Quarta-feira	Inácio Barbosa	Centro
Quarta-feira	Inácio Barbosa	Conj. Bela Vista
Quarta-feira	Inácio Barbosa	Inácio Barbosa
Quarta-feira	Inácio Barbosa	Jardim Esperança
Quarta-feira	São José	Parque Coqueiros
Quinta-feira	Olaria	Diversos
Quinta-feira	Diversos	Pedidos
Quinta-feira	Capucho	Centro Administrativo
Quinta-feira	Inácio Barbosa	Inácio Barbosa
Sexta-feira	Jabotiana	Sol Nascente
Sexta-feira	Jabotiana	Conj. Santa Lúcia
Sexta-feira	Inácio Barbosa	Conj. J.K.
Sexta-feira	Jardins	D.I.A
Sexta-feira	Jardins	Leite Neto
Sexta-feira	Jardins	Bairro Jardins
Sexta-feira	Grageru	Grageru
Sábado	Siqueira Campos	Diversos

Fonte: EMSURB.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Como mencionado, a presente investigação tomou como área de estudo, a cidade de Aracaju, *Figura 1*, que é um município brasileiro e atual capital do estado de Sergipe, sendo localizado no litoral nordestino e banhado pelos rios Sergipe e Poxim. De acordo com o Censo de 2022, o município possui uma densidade demográfica de 3.308,89 hab/km² (IBGE, 2022).

Como outras cidades brasileiras, Aracaju cresceu muito desde 1970, nessa época possuía 183.670 habitantes, e desde então sua evolução censitária demográfica foi a 293.100

no ano de 1980, 402.341 em 1991, 571.149 em 2010 e, mais recentemente, 602.757 em 2022, tendo registrado um crescimento de 5,50 % nos últimos 12 anos (IBGE, 2022).

O topônimo "Aracaju" deriva da expressão indígena "*ará acaiú*", que na língua indígena tupi-guarani significa "cajueiro dos papagaios". O elemento "*ará*" significa "Papagaio" e "*acaiú*", "fruto do cajueiro" (Maynard, 2013).

Segundo Lapa e Amorim (2020) a origem da cidade se deu pela necessidade de consolidação de uma nova política de desenvolvimento, baseada nos preceitos de civilidade e modernidade, na pujança do ciclo do açúcar e na transformação de uma sociedade oligárquica para a burguesia urbana e pré-industrial, sendo esses, os principais argumentos identificados para a mudança da capital de São Cristóvão para Aracaju. Oficialmente instituída em 17 de março de 1855 pelo então presidente da província, Inácio Joaquim Barbosa.

Aproximadamente 98,03% dos habitantes de Aracaju têm acesso aos serviços de abastecimento de água pela Companhia de Saneamento de Sergipe – DESO, valor acima da média do estado de Sergipe, que é de 89,12 % e, do país, que é de 84,2 %. Quanto ao esgotamento sanitário, 55,24% da população do município tem acesso aos serviços de esgotamento sanitário, estando acima da média do estado de Sergipe de (30,48%), mas semelhante ao valor, do país, que é de 55,81% (SNIS, 2021).

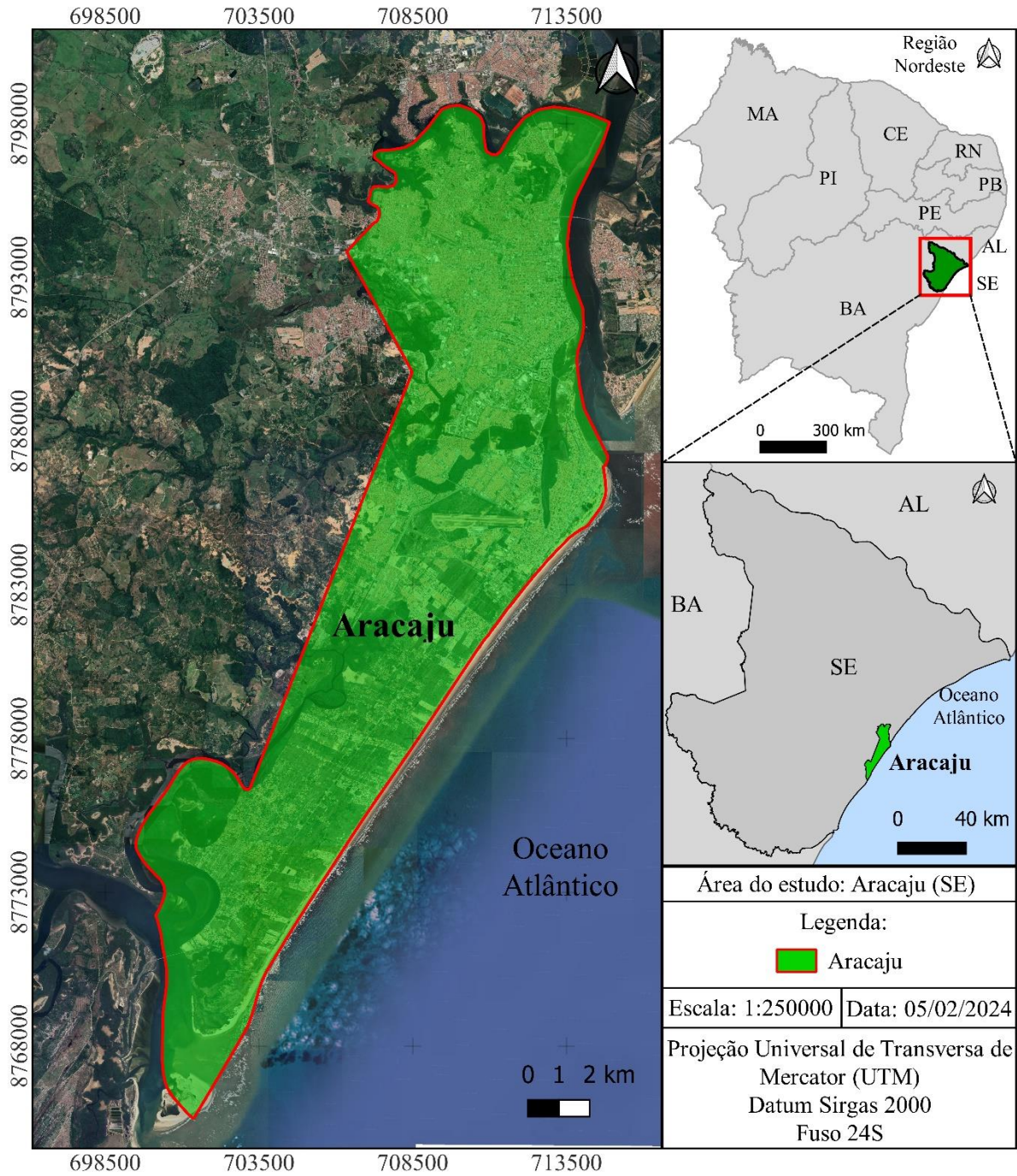
Aracaju possui um clima quente e úmido, com período chuvoso de março a agosto (precipitação média anual de 1.590 mm) e a temperatura média anual é de 26°C.

O Produto Interno Bruto/PIB per capita de Aracaju foi de R\$ 27.364,40 registrado no ano de 2021, onde as atividades de serviços, a industrial e turística são a base da economia aracajuana (IBGE, 2021).

Os serviços de Limpeza Urbana e Manejo dos Resíduos Sólidos são realizados pela Empresa Municipal de Serviços Urbanos - EMSURB, pessoa jurídica de direito privado. É uma empresa pública, integralmente pertencente ao ente Federado Municipal, com a finalidade de planejar, coordenar e executar as atividades referentes à limpeza pública e à prestação de serviços urbanos do município.

Esses serviços são executados em 100% do município, sendo que a coleta dos resíduos domiciliares e dos resíduos públicos, que engloba a limpeza das praias, feiras livres, vias, logradouros públicos, canais e remoção de entulhos são executados por empresa terceirizada e fiscalizada pela EMSURB. Os resíduos de saúde dos hospitais e postos de saúde do município ficam a cargo da Secretaria Municipal de Saúde. Quanto aos resíduos de saúde dos hospitais e clínicas particulares, o próprio gerador é responsável pela coleta e destinação final.

Figura 1 - Localização geográfica do município de Aracaju/SE.



Fonte: Sirgas 2000.

Diariamente, são coletados e destinados para o aterro sanitário da empresa ORIZON, em Rosário do Catete - SE, aproximadamente 790 toneladas de resíduos sólidos, sendo 585 toneladas de resíduos domiciliares (SNIS, 2022).

Assim, a contribuição desta investigação para essa área de estudo é crucial para melhorar a gestão pública no que se refere ao gerenciamento dos resíduos sólidos, em particular à coleta seletiva.

4.2 MODALIDADE DE PESQUISA

A pesquisa em questão, quanto aos objetivos previstos, se caracterizou dentro do formato de estudo descritivo exploratório qualiquantitativo, envolvendo levantamento bibliográfico específico, observações, registros e coleta de dados diretos com profissionais de atuação na área de estudo, análise e correlação de fenômenos, além da análise de exemplos comparativos, tudo sem a manipulação do pesquisador, tendo apenas objetivos para a orientação do estudo. Ademais, a pesquisa caracterizou-se como um estudo de caso ao envolver detalhes específicos de um objeto em particular, no caso, o sistema de coleta seletiva do município de Aracaju.

4.3 ESCOLHA DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE

Os indicadores foram selecionados, por meio de uma revisão da literatura, a qual levou em consideração artigos científicos, publicados em periódicos indexados que abordam IS em contexto de avaliação de sustentabilidade local. A pesquisa utilizou a base de dados de periódicos licenciada pela biblioteca da Universidade Federal de Sergipe. Foram utilizados os seguintes termos de busca: “sustainability indicators” e “cities”; “solid waste”. Também se utilizou uma pesquisa por área de conhecimento: engenharias/engenharia sanitária, onde se acessou a coleção principal da *Web of Science*.

Outra plataforma utilizada foi o *Google Scholar*, utilizando o termo de busca: “indicadores de sustentabilidade resíduos sólidos urbanos”.

A seleção levou em consideração a possibilidade de mensuração dos mesmos e, portanto, foram selecionados conforme o *Quadro 4*, que apresenta também a forma de valoração de cada indicador. É importante mencionar que os resultados provenientes das buscas literárias foram lidos na íntegra para a proposição dos indicadores deste estudo. Assim o quadro contendo os trinta indicadores foi subdividido em cinco colunas, organizado em:

- a) Dimensão: apresenta a classificação do indicador dentro de uma das dimensões relacionada (Ambiental, Econômica, Institucional/Operacional e Sociocultural);
- b) Contador: enumera os indicadores em algarismo romano;
- c) Indicador: apresenta por extenso os indicadores selecionados;
- d) Critério: estabelece a divisão em faixas, para a classificação dos dados obtidos;
- e) Nota: atribuição de valor de acordo com a classificação dos dados (0, 3 ou 5).

Quadro 4 - Indicadores de Sustentabilidade propostos em função das dimensões.

DIMENSÃO	CONTADOR	INDICADOR	CRITÉRIO	NOTA
Ambiental	I	¹ % de recuperação de materiais inorgânicos	> 10 %	5
			5,0 – 10 %	3
			< 5,0 %	0
	II	² % de recuperação de materiais orgânicos	> 10 %	5
			5,0 – 10,0 %	3
			< 5,0 %	0
	III	³ Geração per capita de RSU (kg/hab.dia)	< 0,75	5
			0,75 – 1,0	3
			> 1,0	0
	IV	² Existência de aterro sanitário licenciado	Existe	5
			Em fase de Licenciamento	3
			Não existe	0
	V	⁴ Pontos de descarte irregulares/extensão da via em km	Nenhum	5
			0,1 – 0,4	3
			> 0,4	0
	VI	⁵ Pontos de descarte irregular recuperados	Existe	5
			Parcial ou em andamento	3
			Não existe	0
	VII	⁶ Massa per capita coletada seletivamente (kg/hab.ano)	> 4,0	5
			2,0 – 4,0	3
			< 2,0	0
	VIII	⁷ Taxa de material recolhido nos PEVs em relação à massa coletada seletivamente (%)	> 25%	5
			25 - 5%	3
			< 5%	0
	IX	⁸ Taxa de recuperação de materiais recicláveis em relação à quantidade total coletada (RDO+RPU) (%)	> 25%	5
			25 - 5%	3
			< 5%	0
	X	Taxa de material recolhido nos ecopontos em relação à massa coletada seletivamente (%)	> 25%	5
			25 - 5%	3
			< 5%	0
Eco-nômica	XI		< R\$ 200,00	5

		⁹ Custo total do programa em relação à quantidade coletada seletivamente (R\$/T)	R\$ 200,00 - 500,00	3	
			> R\$ 500,00	0	
	XII	¹⁰ Custo da coleta seletiva em relação à coleta regular e disposição final adequada (%)	< 50%	5	
			50 - 100%	3	
			> 100%	0	
	XIII	¹⁰ Custo da coleta seletiva em relação aos custos da limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos (%)	< 50%	5	
			50 - 100%	3	
			> 100%	0	
	Institucional/Operacional	XIV	¹¹ Abrangência de coleta seletiva	50 – 100%	5
				1 – 49 %	3
Não existe				0	
XV		¹² Existência de PEVs	Em toda área urbana	5	
			Em alguns pontos e bairros	3	
			Não existe	0	
XVI		Existência de ecopontos	Existe	5	
			Em fase de Licenciamento	3	
			Não existe	0	
XVII		¹³ Existência de plano municipal de gerenciamento de resíduos sólidos	Existe	5	
			Em fase de Licenciamento	3	
			Não existe	0	
XVIII		¹² Capacitação de agentes municipais que atuam na limpeza e coleta seletiva	Anuais	5	
			Esporádicos	3	
			Não existe	0	
XIX		¹⁰ Gestão compartilhada	Existe	5	
			Em fase de Negociação	3	
			Não existe	0	
XX		Marco legal	Existe	5	
			Em fase de Elaboração	3	
			Não existe	0	
XXI		¹⁰ Instrumentos legais na relação com as organizações de catadores	Existe	5	
			Em fase de Elaboração	3	
			Não existe	0	
XXII			50 – 100%	5	

		⁹ Percentual de pessoas atendidas pela coleta seletiva	1 – 49 %	3
			Não atendidas	0
	XXIII	¹⁰ Parcerias entre organizações	Existe	5
			Em fase de Negociação	3
			Não existe	0
	XXIV	¹⁰ Existência de cooperativa de reciclagem	Existe	5
			Em fase de Licenciamento	3
			Não existe	0
	XXV	¹⁴ Número de eventos municipais associados a temática da coleta seletiva (ex: limpeza da praia ou em escolas)	Anuais	5
			Esporádicos	3
			Não existe	0
Sociocultural	XXVI	² Organização dos catadores da coleta seletiva	Todos de Cooperativas	5
			Parcialmente de Cooperativas	3
			Não cooperados	0
	XXVII	¹⁵ Renda mensal per capita dos catadores	> 1 salário mínimo	5
			1 salário mínimo	3
			< 1 salário mínimo	0
	XXVIII	¹⁶ Programas de educação ambiental e divulgação	Existe	5
			Em fase de Elaboração	3
			Não existe	0
	XXIX	¹⁰ Inclusão de catadores avulsos (%)	Existe	5
			Em fase de Negociação	3
			Não existe	0
	XXX	¹⁰ Participação de catadores nas ações de coleta seletiva	Existe	5
			Em fase de Negociação	3
			Não existe	0

Fonte: próprio autor.

Nota:

- 1 – Indicador proposto a partir de Bringuenthi *et al.* (2007).
- 2 – Indicador proposto a partir de Dias (2009).
- 3 – Indicador proposto a partir de Dias (2009) e Milanez (2002).
- 4 – Indicador proposto a partir de Borja e Moraes (2003).
- 5 – Indicador proposto a partir de Milanez (2002).
- 6 – Indicador proposto a partir do SNIS.
- 7 – Indicador proposto a partir de Lima (2006).
- 8 – Indicador proposto a partir de Besen (2011); Bringhenti (2004); Lima (2006).
- 9 – Indicador proposto a partir de Besen (2011); Bringhenti (2004); Milanez (2002).
- 10 – Indicador proposto a partir de Besen (2011).
- 11 – Indicador proposto a partir do IBGE, PNSB.

- 12 – Indicador proposto a partir de Kovacs *et al.* (2010).
- 13 – Indicador proposto a partir de Santiago e Dias (2012).
- 14 – Indicador proposto a partir de Bringuenthi (2004).
- 15 – Indicador proposto a partir de Günther *et al.* (2007).
- 16 – Indicador proposto a partir de Dias (2009) e Kovacs *et al.* (2010).

Esta pesquisa seguiu a recomendação apresentada por Santiago *et al.* (2012) para avaliar o Intervalo de Sustentabilidade obtido com a avaliação das notas determinadas (NS) conforme apresenta a *Equação 1*, que se complementa com o *Quadro 5*.

$$NS = \frac{\sum \text{notas obtidas das avaliações}}{\sum \text{máxima pontuação}} \times 10^{-1} \quad (\text{Equação 1})$$

Quadro 5 - Representação da sustentabilidade.

Intervalo de Sustentabilidade	Nível de Sustentabilidade
0	Insustentável
$1,0 \leq NS \leq 4,0$	Baixa Sustentabilidade
$5,0 \leq NS \leq 8,0$	Média Sustentabilidade
$9,0 \geq NS \leq 10$	Alta Sustentabilidade

Fonte: Santiago *et al.* (2012).

Ao final, soma-se as notas obtidas de cada indicador e aplica-se na *Equação 1*. Com o resultado, utiliza-se o *Quadro 5*, para associar a uma das interpretações da sustentabilidade definidas por Santiago *et al.* (2012). Assim, para cada resposta numérica determinada há uma associação descritiva que traduz a condição de sustentabilidade da gestão dos resíduos sólidos daquele local avaliado. Níveis inferiores a 4,0 sinalizam um cenário em desequilíbrio para o local avaliado, evidenciando a carência em diversos aspectos, sendo necessários intervenções generalizadas, com a participação da sociedade e dos gestores públicos, e em alguns casos, medidas emergenciais para atendimento aos requisitos legais e assim reverter essa condição. Valores de NS acima de 4,0 indicam que o local possui necessidades pontuais, com atenção para potencializar a sustentabilidade e ressaltar a manutenção das medidas eficientes.

4.4 CAMPO DE OBSERVAÇÃO

Para alimentar os indicadores foi necessário uma busca por informações estratégicas como, número de catadores e/ou recicladores formais associados às cooperativas, ou valores estimados deles, e detalhamento de como o serviço era executado (escala de trabalho, nº de

funcionários, gênero e idade).

Além disso, determinar a quantidade média de resíduos sólidos enviados para reciclagem pelas cooperativas, bem como, estimar a quantidade total de resíduos sólidos gerados passíveis de serem reciclados mensalmente na cidade.

Outro ponto importante, foi a avaliação do sistema de coleta seletiva de Aracaju, verificando o seu formato (PEV, coleta porta-a-porta, ecopontos, outros), se o mesmo era efetivo ou não, sob o aspecto de porte, estado estrutural, abrangência, manutenção, tipos de equipamentos, veículos e demais instrumentos envolvidos no sistema.

Uso da tecnologia para mapear pontos de interesse, identificando os bairros, setores, empresas participantes da coleta seletiva, PEVs e ecopontos disponíveis ao cidadão. E por fim, aplicar IS para monitorar e medir a eficiência e eficácia da gestão de resíduos no município, diagnosticando e avaliando o grau de sustentabilidade na mesma.

4.5 COLETA DE DADOS

Os dados da pesquisa foram obtidos, através de registros fotográficos e por meio de visitas de campo nas mais diversas áreas de interesse do estudo (definidos conforme a necessidade), como cooperativas, *Figura 2*, ecopontos, *Figura 3*, locais públicos com instalações dos PEVs, *Figura 4*, locais gerenciais – EMSURB (Empresa Municipal de Serviços Urbanos de Aracaju), além de pesquisa bibliográfica relacionada ao tema em documentos oficiais municipais e acadêmicos.

Figura 2 - Cooperativa CARE - galpão.



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 3 - Eco ponto - Coroa do Meio.



Fonte: arquivo pessoal.

Figura 4 - Ponto de Entrega Voluntária (PEV).



Fonte: arquivo pessoal.

As Figura 2, Figura 3 e Figura 4 apresentam alguns dos locais visitados, a cooperativa de material reciclável CARE, o Eco ponto municipal, localizado no bairro Coroa do Meio e um PEV, localizado na Praça Camerino, respectivamente.

4.6 ESTUDO GRAVIMÉTRICO

O estudo gravimétrico de resíduos sólidos urbanos é importante para subsidiar definições estratégicas locais, pois avalia a composição e a quantidade de resíduos sólidos gerados em uma determinada área urbana. É uma ferramenta de gestão importante para compreender a composição dos resíduos sólidos, identificar oportunidades de reciclagem e gerenciamento adequado dos resíduos e embasar a tomada de decisões planejadas, incluindo a implementação de programas de coleta seletiva e disposição final dos resíduos.

A realização do estudo se dá por meio da coleta e separação dos resíduos sólidos gerados em uma área específica, como um bairro, uma cidade ou uma região, usando diferentes categorias, como papel, papelão, plástico, metal, vidro, orgânico, entre outros. Os resíduos são coletados em diversos pontos, como domicílios, empresas, instituições e áreas públicas, e após serem processados, são pesados para determinar a quantidade mássica de cada tipo de resíduo presente de forma a expressar o resultado em percentual de cada componente.

A pesquisa consistiu na realização da caracterização gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados pela EMSURB, por meio da coleta convencional.

4.6.1 SELEÇÃO DAS ÁREAS/SETORES

As rotas definidas para o estudo gravimétrico não foram as mesmas da coleta convencional, pois muitas vezes ela recolhe os resíduos de bairros com características diferentes, o que leva à descaracterização da amostra. Assim, foi definida a melhor rota que proporcionou o cenário desejado para esta investigação, por exemplo, parte de locais carentes, nobres, centros comerciais e turísticos. Os dias de coleta foram escolhidos de modo a evitar datas festivas, fins de semana e períodos de chuva, atentando-se para a realização da amostragem antes da coleta convencional, para que não ocorra a compactação e, conseqüentemente, a descaracterização dos resíduos. A definição das rotas e do número de amostras para o estudo de gravimetria foi avaliado, de modo a expressar e representar a realidade do território a ser estudado.

A seleção dos setores para o estudo levou em consideração a Mapografia Social do Município de Aracaju – Secretaria Municipal da Família e da Assistência Social - SEMFAS/2019, desenvolvido pelo Observatório Social, que possui o objetivo de apresentar

uma caracterização socioeconômica abrangente do território aracajuano, baseada nos dados do censo demográfico do IBGE.

No total foram consideradas 31 variáveis, distribuídas nos seguintes temas: pobreza e desigualdade, agrupamento populacional, população segundo cor ou raça, população por gênero e faixa etária, responsabilidade familiar, educação, tipologias e perfis dos domicílios de Aracaju e emigração (PMA, 2019).

É importante planejar cuidadosamente a seleção das áreas de coleta de amostras para obter resultados precisos e representativos da composição dos resíduos sólidos, assim, em resumo, a escolha das áreas de coleta das amostras deste estudo gravimétrico levou em consideração a representatividade da composição dos resíduos, densidade populacional, variação sazonal, infraestrutura de coleta, logística e recursos disponíveis.

Independentemente da abordagem escolhida, é importante que as áreas selecionadas fossem representativas da área estudada e que a amostragem seja feita de forma sistemática, para garantir que todas as áreas escolhidas fossem avaliadas de forma semelhante. Também foi importante considerar as limitações logísticas e financeiras na escolha das áreas para garantir que o estudo tivesse uma amostragem adequada para atingir seus objetivos.

Procurou-se escolher setores que representavam as diversas características da cidade e a realidade do município. Definiu-se pelos setores com maior densidade populacional, nas zonas norte e sul, com diferentes perfis socioeconômicos e níveis de consumo, com produção de resíduos comerciais e setor turístico da cidade.

No *Quadro 6* estão apresentados em ordem decrescente os bairros em função da sua densidade populacional baseada no censo demográfico de 2010. Sendo os três primeiros representando 18% da população aracajuana, e os últimos três, em torno de 1,6%. Na média, há 14.645 habitantes por bairro.

Quadro 6 - Bairros aracajuanos organizados em função de sua densidade populacional

BAIRRO	POPULAÇÃO
Farolândia	38.257
Santa Maria	33.475
São Conrado	30.675
Zona de Expansão	27.899
Santos Dumont	25.808
Ponto Novo	22.762
Dezoito do Forte	22.251
Cidade Nova	21.220
Luzia	20.430

Coroa do Meio	18.871
Industrial	18.007
Bugio	17.773
Grageru	17.413
Olaria	17.188
Jabotiana	17.157
América	15.870
Siqueira Campos	14.525
Jardim Centenário	14.214
Inácio Barbosa	13.887
José Conrado de Araújo	12.983
Santo Antônio	12.459
Atalaia	11.799
Novo Paraíso	11.134
Suiça	11.051
Porto Dantas	10.858
Aeroporto	10.571
Soledade	9.484
Lamarão	8.983
Japãozinho	8.366
Treze de Julho	8.328
Centro	7.572
Jardins	7.126
Getúlio Vargas	6.587
Pereira Lobo	5.942
São José	5.587
Cirurgia	5.349
Palestina	4.340
Salgado Filho	3.992
Capucho	956

Fonte: Censo 2010.

571.149

É importante mencionar que o *Quadro 6* apresenta dados do Censo 2010 em virtude da não disponibilização, até a época da elaboração deste estudo, dos dados do Censo 2022 que trazem os novos recortes da população nos bairros.

Um ponto importante a se destacar é a criação do bairro Aruana, conforme Lei nº 5.243 de 19 de agosto de 2019 e dos bairros: Robalo, São José dos Náufragos, Areia Branca, Gameleira, Matapoã e Mosqueiro, conforme Lei nº 5.373 de 23 de março de 2021, todos localizados na antiga Zona de Expansão.

Assim, em função dos fatores apresentados de maiores influências para este estudo gravimétrico, foram selecionados os seguintes setores: Santa Maria, Santos Dumont,

Japãozinho, Treze de Julho, Centro, Orla de Atalaia e Aruana¹. O estudo incluiu a Orla de Atalaia, por tratar-se de um setor turístico e de grande fluxo de pessoas, perpassando os bairros: Atalaia e Coroa do Meio.

4.6.2 SELEÇÃO DAS ROTAS PARA A AMOSTRAGEM

O estudo gravimétrico desenvolvido nesta investigação levou em consideração, além das áreas definidas no item anterior, um planejamento de coleta para a obtenção do material. Assim, alguns cuidados foram tomados, como respeitar o período em que acontece a coleta convencional dos materiais recém descartados, sempre antecipando-se ao horário da coleta e não coletar nos finais de semana e feriados. Os dias da realização da amostragem foram: 18, 19, 20, 21, 25, 26 e 27 de julho de 2023.

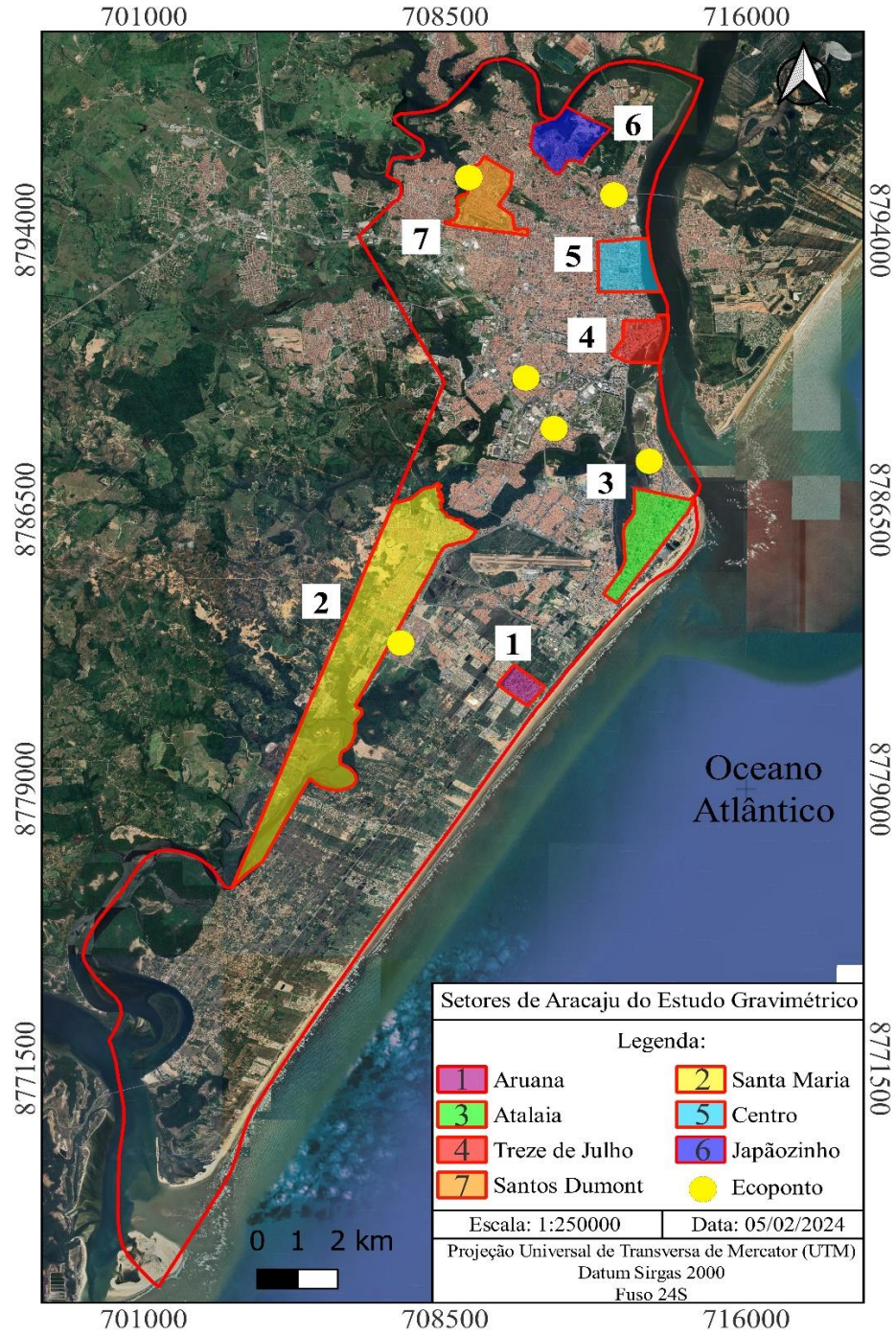
Para cada dia de realização da amostragem foram coletados 04 contentores, de 240 litros cada, totalizando 960 litros/dia, dentro de cada setor selecionado para o estudo.

A *Figura 5* apresenta o mapa dos setores selecionados, os quais possuíam roteiros distintos de coleta das amostras. Os setores, Centro, Treze de Julho e Orla de Atalaia foram realizados de forma noturna (entre 18h:00min e 21h:00min), e os setores Santa Maria, Santos Dumont, Japãozinho e Aruana no período da manhã (entre 06h:00min e 08h:00min). O processo de coleta foi realizado com o auxílio de materiais de proteção individual, como máscara (modelo PFF2S), luvas de PVC (modelo Volk406) e botas fechadas.

O veículo utilizado para auxiliar nessa etapa foi uma picape compacta (Fiat Strada) disponibilizada com um condutor pela EMSURB, com capacidade de transportar quatro contentores (lutocar) de 240 litros cada, conforme pode ser observado na *Figura 6*. Após a coleta, os materiais foram encaminhados para a sede da Diretoria Operacional – DIROP/EMSURB para dar seguimento à realização do estudo gravimétrico em um galpão coberto. Para a coleta diurna, a segregação se deu logo após a mesma ter sido finalizada, e para a coleta noturna, a segregação aconteceu no dia seguinte, pela manhã, permanecendo armazenado o material no galpão até o momento do seu processamento.

¹ No Quadro 5 não consta o setor Aruana, pois em 2010 a Aruana fazia parte da Zona de Expansão.

Figura 5 - Mapa dos setores do estudo gravimétrico e ecopontos de Aracaju/SE.



Fonte: Sirgas 2000.

Figura 6 - Veículo e contentores utilizados na coleta



Fonte: arquivo pessoal.

4.6.3 DEFINIÇÃO DAS CATEGORIAS DOS MATERIAIS DO ESTUDO

A forma de tipificar os componentes de uma amostra de RSU não é padronizada, e pode variar conforme as recomendações adotadas. Por exemplo, de acordo com Gomes (2008), o *Bureau of Solid Waste Management* sugere nove classes para a sua caracterização (poda; alimentos; papel; plástico, borracha e couro; têxteis; madeira; materiais metálicos; vidros e cerâmicas; cinzas, rochas e solos), enquanto que, a *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie* sugere treze categorias (putrescíveis; papel; papelão; compósitos; têxtil; têxtil sanitários; plástico; combustível não especificado; vidro; metal; incombustível não especificado; doméstico perigo; elemento fino).

Assim para a caracterização dos resíduos presentes nas amostras deste estudo, definiu-se uma tipificação particular dos materiais para atender aos objetivos do estudo e facilitar a visualização na triagem dos resíduos, sendo classificados em: matéria orgânica, papel, papelão, plástico mole, plástico duro, PET, metal ferroso, alumínio, vidro, embalagem longa vida, tecido, couro, poda, borracha, cerâmico, espuma, isopor, lâmpada, pilha, madeira, coco, sabão, vela, rejeito (material sanitário), resíduos da construção civil, eletrônico, aerossol e diversos.

A segregação dos resíduos foi realizada com a utilização de lona plástica preta (*Figura 7A*), disposta no piso do galpão coberto da DIROP/EMSURB, onde foi despejado todo o resíduo coletado (*Figura 7B*) para ser posteriormente categorizado nas frações supracitadas.

Figura 7 - Local de processamento do estudo gravimétrico



Fonte: arquivo pessoal.

Após a tipificação dos resíduos, procedia-se a etapa de determinação da massa da amostra, a qual foi realizada por meio de uma balança eletromecânica (*Figura 7C*), modelo MIC-300H, com capacidade de 300 kg e resolução de 100 g (dimensões da plataforma 41 x 57 cm). A quantificação é importante para determinação percentual dos componentes da amostra (massa/massa) conforme apresenta a Equação 2.

$$\% \text{ de cada categoria} = 100 \times \frac{\text{massa de cada fração (kg)}}{\text{massa total da amostra (kg)}} \quad (\text{Equação 2})$$

É importante mencionar que o processo de quarteamento da amostra não foi realizado, uma vez que o volume inicial não era grande o suficiente para justificar a sua redução, sendo assim, foi utilizado, no estudo gravimétrico, o total coletado, cerca de 960 L por dia para análise (volume solto).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 3 - Consolidação dos dados obtidos na gravimetria dos RSU de Aracaju.

MATERIAL	SETOR						
	STA MA- RIA	STOS DU- MONT	ORLA DE ATALAIA	ARUANA	CEN- TRO	JAPAOZI- NHO	13 DE JU- LHO
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
MATÉRIA ORGÂNICA	60,67	44,48	38,18	38,57	42,68	53,43	54,85
PAPEL	4,01	5,62	3,45	1,95	5,73	1,58	11,64
PAPELÃO	1,32	2,35	6,10	12,11	-	1,58	3,26
PLÁSTICO MOLE	4,47	4,63	4,73	6,05	6,11	7,75	4,98
PLÁSTICO DURO	0,34	0,52	-	0,78	-	-	0,17
PET	1,83	1,18	1,38	2,44	1,30	1,73	2,73
FERRO	0,23	-	0,12	0,29	0,41	-	0,89
ALUMÍNIO	0,06	-	0,23	0,49	0,41	-	0,21
VIDRO	2,01	1,70	1,15	8,11	1,00	1,58	1,20
EMBALAGEM LGA							
VIDA	0,57	0,65	0,35	0,59	0,12	1,43	0,51
COURO	-	-	-	-	-	-	0,13
TECIDO	3,56	3,85	0,46	0,59	0,12	2,26	0,52
PODA	-	2,61	10,70	6,05	-	1,43	1,18
BORRACHA	0,46	0,07	-	1,76	1,00	-	0,19
CERÂMICA	-	-	0,58	-	-	-	-
ISOPOR	0,11	0,33	0,35	0,29	0,56	0,30	0,66
ESPUMA	-	-	-	0,20	-	-	-
LÂMPADA	-	-	-	0,20	-	-	-
PILHA	-	-	-	-	-	0,08	-
MADEIRA	-	2,22	-	2,15	-	0,30	1,77
COCO	0,92	7,05	18,87	0,68	-	-	0,85
SABÃO/VELA	-	-	-	-	-	-	0,07
REJEITO	15,25	18,03	4,49	10,74	40,44	21,58	9,45
ELTRÔNICO	0,06	-	-	-	-	-	0,14
AEROSOL	-	0,07	0,23	0,10	0,12	0,08	0,07
RCC	4,13	4,64	8,63	5,86	-	4,36	4,59
DIVERSOS	-	-	-	-	-	0,53	-
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: próprio autor.

Na *Tabela 3*, estão dispostos todos os dados obtidos do estudo gravimétrico de cada um dos setores amostrados, representando suas contribuições proporcionais em função dos tipos de materiais encontrados. Verifica-se que independente do bairro amostrado, a matéria orgânica apresentou a maior contribuição percentual (variando de 38,2 a 60,67%), como era esperado, uma vez que seu valor elevado é característico de países em desenvolvimento, com baixa acessibilidade da população a produtos industrializados, refletindo em consumo de produtos que descartam mais materiais orgânicos do que inorgânicos, somado ao fato do baixo poder aquisitivo da população que buscará pelas necessidades básicas, isto é, alimentação. A *Tabela 4* apresenta a média dos dados em frações consolidadas representativas dos materiais.

Tabela 4 - Média dos valores para a composição gravimétrica dos RSU para Aracaju/SE.

MATERIAL	MÉDIA (%)
MATÉRIA ORGÂNICA	47,56
RECICLÁVEL *	20,60
PODA	3,14
COCO	4,05
REJEITO	17,14
AEROSOL **	0,10
RCC	4,60
DIVERSOS	2,83
TOTAL	100,00

Fonte: próprio autor.

Nota:

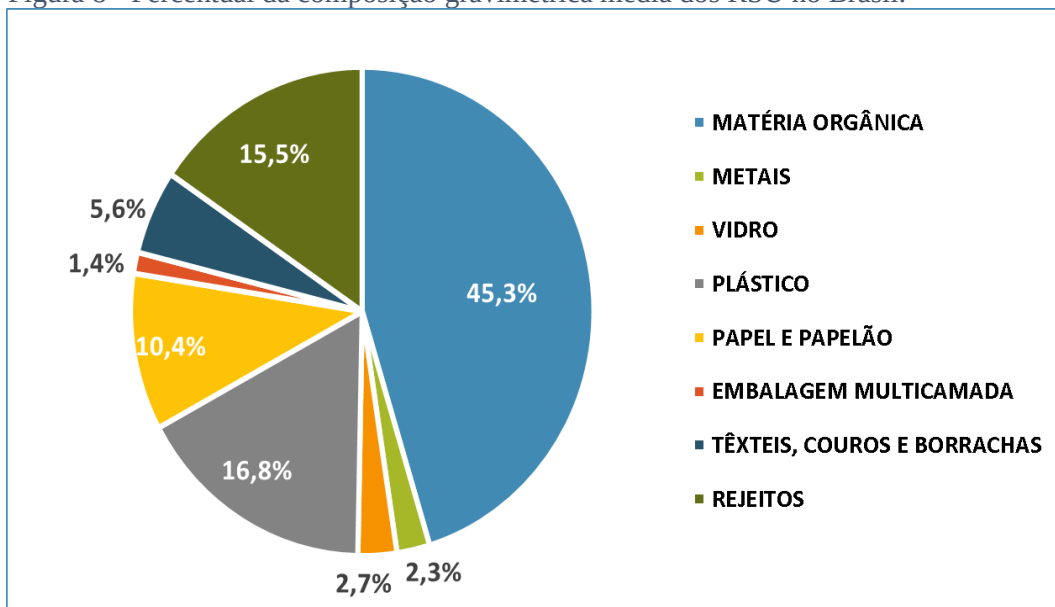
* (Papel+Papelão+Plásticos+PET+Metal+Vidro+LongaVida+Isopor+Borracha)

** Resíduo perigoso

Os resultados encontrados indicam uma semelhança parcial em determinados materiais se comparados à média nacional, observou-se que os resíduos orgânicos (predominantemente restos de alimentos) teve um percentual médio de 47,56%, valor bastante parecido com o percentual de matéria orgânica encontrado no Brasil, que é de 45,3%, bem como, para a parcela de rejeitos, estimada em 17,14% em média para Aracaju/SE e 15,5% para o Brasil. Em contraponto, para materiais recicláveis, foi determinado um valor médio de 20,6% para Aracaju/SE, enquanto que para o Brasil esse percentual quase que dobra atingindo o percentual de 39,2%. Um dos motivos para o percentual de materiais recicláveis estar abaixo da média nacional é justamente o percentual médio para outros materiais, como: poda (3,14%), coco (4,05%), rejeito (17,14%) e RCC (4,60%), totalizando 25,93%.

Abaixo, a *Figura 8* mostra o percentual da composição gravimétrica média dos RSU no Brasil, onde quase a metade dos resíduos gerados foram de matéria orgânica e aproximadamente 40% poderiam ser reciclados.

Figura 8 - Percentual da composição gravimétrica média dos RSU no Brasil.



Fonte: ABRELPE, 2020.

Outros dois materiais bastante relevantes vistos na *Tabela 4* são o coco, com um percentual médio para Aracaju/SE de 4,05%, material que tem uma característica muito específica e que está ligado à cultura local de consumo de água de coco e os RCC, com um percentual médio de 4,60% para Aracaju/SE, muito associado ao descarte irregular.

A *Tabela 5* apresenta os setores com o maior e menor índice de geração para cada tipo de resíduo caracterizado na gravimetria de Aracaju/SE.

Tabela 5 - Setores com maior e menor índice de geração para cada tipo de resíduo caracterizado na gravimetria de Aracaju/SE.

Tipo de resíduo (Média)	Maior índice de geração		Menor índice de geração	
	Setor	%	Setor	%
Matéria orgânica (47,56%)	Santa Maria	60,67	Orla de Atalaia	38,20
Reciclável (20,60%)	Aruana	34,86	Santa Maria	15,41
Poda (3,14%)	Orla de Atalaia	10,70	Centro/Santa Maria	0,00
Coco (4,05%)	Orla de Atalaia	18,87	Centro/Japãozinho	0,00
Rejeito (17,14%)	Centro	40,44	Orla de Atalaia	4,49
Aerossol (0,10%)	Orla de Atalaia	0,23	Santa Maria	0,00
RCC (4,60%)	Orla de Atalaia	8,63	Centro	0,00
Diversos (2,83%)	Santos Dumont	6,07	Centro	0,12

Fonte: próprio autor.

O setor Santa Maria, com a condição mais baixa em relação ao poder aquisitivo da população, teve o menor índice de geração para o resíduo reciclável (15,41%) ficando bem abaixo da média que foi de 20,60%, sendo assim, sugere-se que essa influência tenha impactado nos valores encontrados. Por outro lado, esse mesmo setor apresentou a maior parcela de material orgânico, ou seja, evidenciando uma vez mais que os habitantes consomem mais alimentos para seu provimento e descartariam a sua parte não aproveitável, e além disso, que eles possuem baixo poder de compra aos produtos industrializados, que no pós consumo descartam suas embalagens ou a bens duráveis onde o descarte seria dos produtos antigos. Outra possibilidade da maior geração de material orgânico no setor do bairro Santa Maria, está associado à presença de refrigeradores nos domicílios. Informação não avaliada nesse estudo, mas em locais com elevada temperatura média anual, como o caso de Aracaju, a refrigeração dos alimentos é crucial para evitar o seu descarte, e em bairros carentes, a ausência desse eletrodoméstico, situação relativamente comum de se encontrar nos lares, influencia com dados elevados de matéria orgânica em um estudo gravimétrico. Essa tendência de renda domiciliar influenciando a parcela de matéria orgânica em estudos gravimétricos, também tem sido reportado por outros autores (Menezes *et al.* 2019 e de Queiroz Júnior *et al.* 2021).

Por outro lado, o setor que apresentou grande quantidade de material com potencial para a reciclagem foi a Aruana, e consequentemente com baixa geração de material orgânico, ou seja, uma candidata a receber programas de coleta seletiva ou outras medidas para absorção desse tipo de material. Uma explicação possível para esse setor possuir a maior parcela de materiais recicláveis pode estar no fato de sua região não ser atendida com uma instalação próxima de ecoponto *Figura 5*, possuindo assim uma demanda reprimida.

Um resíduo que chamou bastante atenção foi a casca do coco, que no setor Orla de Atalaia teve o maior índice de geração (18,87%), fato explicado possivelmente por se tratar de um setor turístico, onde o comércio desse tipo de produto é forte.

No setor Centro, o resíduo rejeito teve o maior índice de geração (40,44%), ficando muito acima da média (17,14%). Uma hipótese é que o setor possui uma mescla de comércio e residências, com baixa separação dos materiais, contribuindo para a geração desse tipo de resíduo.

No setor Orla de Atalaia, o RCC apresentou o maior índice de geração (8,63%) tendo quase o dobro da média (4,60%), e como hipótese está as constantes obras de reforma e ampliação dos estabelecimentos comerciais existentes nessa área.

A seguir, apresentam-se comentários acerca das notas atribuídas aos IS propostos, conforme resume o *Quadro 7*.

❖ **Dimensão Ambiental:**

I - % de recuperação de materiais inorgânicos: de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou um valor de 0,96 %, que segundo o critério utilizado, representa nota 0 (< 5,0 %).

II - % de recuperação de materiais orgânicos: de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou um valor de 0,0%, que segundo o critério utilizado, representa nota 0 (< 5,0 %).

III – Geração per capita de RSU (kg/hab.dia): de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou um valor de 1,3 kg/hab.dia, que segundo o critério utilizado, representa nota 0 (> 1,0). A média nacional está em 1,04 kg/hab.dia (ABREMA, 2022).

IV – Existência de Aterro Sanitário licenciado: de acordo com a informação obtida na EMSURB, esse indicador apresentou como resposta EXISTE, que segundo o critério utilizado, representa nota 5 (existe).

V – Pontos de descarte irregulares/extensão da via em km: de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou um valor de 6,3 km, que segundo o critério utilizado, representa nota 0 (> 0,4 km).

VI – Pontos de descarte irregular recuperados: de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou como resposta EXISTE, que segundo o critério utilizado, representa nota 5 (existe). Entre 2019 e abril de 2024 foram recuperados 225 pontos de descarte irregular.

VII – Massa per capita coletada seletivamente (kg/hab.ano): de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou o valor de 0,013 kg/hab.ano, que segundo o critério utilizado, representa nota 0. A média nacional está em 8,68 kg/hab.ano (SNIS, 2022).

VIII – Taxa de material recolhido nos PEVs em relação à massa coletada seletivamente (%): de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou o valor de 2,86 %, que segundo o critério utilizado, representa nota 0.

IX – Taxa de recuperação de materiais recicláveis em relação à quantidade total coletada (RDO + RPU) (%): de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou o valor de 0,96 %, que segundo o critério utilizado, representa nota 0.

X – Taxa de material recolhido nos ecopontos em relação à massa coletada seletivamente (%): de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou o valor de 23,3 %, que segundo o critério utilizado, representa nota 3.

❖ **Dimensão Econômica:**

XI – Custo total do programa em relação à quantidade coletada seletivamente (R\$/T): de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou o valor de R\$ 385,34, que segundo o critério utilizado, representa nota 3 (Entre R\$ 200,00 - 500,00).

XII – Custo da coleta regular e Disposição Final Adequada – DFA (%) em relação à coleta seletiva: de acordo com os dados obtidos na EMSURB, o custo da coleta regular + DFA foi de R\$ 51.075.849,96 e o custo da coleta seletiva foi de R\$ 1.026.230,50, importando em um indicador com valor superior a 100 %, que segundo o critério utilizado, representa nota 0 (> 100 %).

XIII – Custo da limpeza urbana e Manejo de Resíduos Sólidos – MRS (%) em relação à coleta seletiva: de acordo com os dados obtidos na EMSURB, o custo da limpeza urbana + MRS foi de R\$ 112.628.652,08 e o custo da coleta seletiva foi de R\$ 1.026.230,50, importando em um indicador com valor superior a 100 %, que segundo o critério utilizado, representa nota 0 (> 100 %).

A *Tabela 6* apresenta os custos que compõem os indicadores da dimensão econômica, as quantidades, em toneladas, dos itens referentes à coleta seletiva e totais do programa de coleta seletiva, da coleta regular (RDO), da disposição final adequada, da limpeza urbana e do manejo de resíduos sólidos, todos tendo como base o ano de 2022, excetuando-se o contrato de nº 070/2020, com a cooperativa CARE, que foi assinado em 20/10/2020 e executado ao longo do ano de 2021, que teve um valor total de R\$ 1.076.592,00, mas que teve como execução apenas R\$ 40.107,47. A CARE alegou que o valor contrato para a tonelada coletada não cobria os próprios custos, levando o contrato a ser rescindido.

Tabela 6 - Custos contidos nos indicadores da dimensão econômica (Base: 2022).

SERVIÇO	CUSTO	QTDADE (T)	CUSTO DA COLETA SELETIVA (R\$)	CUSTO DA COLETA REGULAR (RDO) (R\$)	CUSTO DA DISPOSIÇÃO FINAL ADEQUADA (RDO) (R\$)	CUSTO DA LIMPEZA URBANA (R\$)	CUSTO DO MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS (R\$)
COLETA DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	9.320.180,64					9.320.180,64	9.320.180,64
COLETA DE RESÍDUOS DOMÉSTICOS	32.635.840,15			32.635.840,15		32.635.840,15	32.635.840,15
EQUIPES PADRÃO LIMPEZA	35.362.125,92					35.362.125,92	35.362.125,92
VARRIÇÃO MANUAL DE GUIAS	7.423.036,07					7.423.036,07	7.423.036,07
EXECUÇÃO DE SERVIÇO DE PODA E SUPRESSÃO DE ESPÉCIES ARBÓREAS	2.989.006,59					2.989.006,59	2.989.006,59
MANUTENÇÃO DE PRAÇAS, EQUIPES VOLANTES, FORNECIMENTO DE MATERIAL E INSUMOS E MÁQUINAS	19.183.549,03					19.183.549,03	19.183.549,03
LIMPEZA DE CANAIS PELO PROCESSO DE "BARRAGEM MÓVEL"	1.869.571,97					1.869.571,97	1.869.571,97
RECEBIMENTO RCC	7.884.064,52						7.884.064,52
RECEBIMENTO DE RESÍDUOS DOMÉSTICOS	18.440.009,81				18.440.009,81		18.440.009,81
RECEBIMENTO RESÍDUOS EQUIPES PADRÃO LIMPEZA	1.058.518,19						1.058.518,19
RECEBIMENTO OUTROS SERVIÇOS	4.780.744,61						4.780.744,61
CATA-TRECO (INSERVÍVEIS)	29.884,34	342,20	29.884,34			29.884,34	29.884,34
COLETA SELETIVA PEVs	140.730,19	79,88	140.730,19				140.730,19
COLETA SELETIVA COOPERATIVAS	40.107,47	706,61	40.107,47				40.107,47
COLETA SELETIVA/CAMINHÕES CARROCERIA	815.508,50	1.527,56	815.508,50				815.508,50
VOLUMOSOS ECOPONTOS	97.842,17					97.842,17	97.842,17
RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NOS ECOPONTOS	174.473,64					174.473,64	174.473,64
TOTAL		2.656,25	1.026.230,50	32.635.840,15	18.440.009,81	109.085.510,52	142.245.193,81

Fonte: EMSURB

❖ **Dimensão Institucional/Operacional:**

XIV – Abrangência da coleta seletiva: de acordo com os dados obtidos no SNIS (2021), esse indicador apresentou o valor de 38,06 %, que segundo o critério utilizado, representa nota 3 (1 – 49 %).

XV – Existência de PEVs: de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou como resposta EM ALGUNS PONTOS E BAIRROS, que segundo o critério utilizado, representa nota 3 (em alguns pontos e bairros).

XVI – Existência de ecopontos: de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou como resposta EXISTE, que segundo o critério utilizado, representa nota 5 (existe).

XVII – Existência de plano municipal de gerenciamento integrado de resíduos sólidos - PMGIRS: de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou como resposta EXISTE, que segundo o critério utilizado, representa nota 5 (existe).

XVIII – Capacitação de agentes municipais que atuam na limpeza e coleta seletiva: de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou como resposta ESPORÁDICOS, que segundo o critério utilizado, representa nota 3 (esporádicos).

XIX – Gestão compartilhada: de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou como resposta EXISTE, que segundo o critério utilizado, representa nota 5 (existe).

XX – Marco legal: de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou como resposta NÃO EXISTE, que segundo o critério utilizado, representa nota 0 (não existe).

XXI – Instrumentos legais na relação com as organizações de catadores: de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou como resposta EXISTE, que segundo o critério utilizado, representa nota 5 (existe).

XXII – Percentual de pessoas atendidas pela coleta seletiva: de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou como o valor de aproximadamente 40 %, que segundo o critério utilizado, representa nota 3 (1 – 49 %).

XXIII – Parcerias entre organizações: de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou como resposta EXISTE (parceria com o Tribunal de Justiça), que segundo o critério utilizado, representa nota 5 (existe).

❖ **Dimensão Sociocultural:**

XXIV – Existência de cooperativa de reciclagem: de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou como resposta EXISTE (possui atualmente 05 cooperativas de reciclagem), que segundo o critério utilizado, representa nota 5 (existe).

XXV – Número de eventos municipais associados à temática da coleta seletiva (ex: limpeza da praia ou em escolas): de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou como resposta ANUAIS (por exemplo: Praia Limpa), que segundo o critério utilizado, representa nota 5.

XXVI – Organização dos catadores da coleta seletiva: de acordo com os dados obtidos na EMSURB, esse indicador apresentou como resposta PARCIALMENTE DE COOPERATIVAS, que segundo o critério utilizado, representa nota 3.

XXVII – Renda mensal per capita dos catadores: de acordo com os dados obtidos na CARE, esse indicador apresentou como resposta > 1 SALÁRIO-MÍNIMO, que segundo o critério utilizado, representa nota 5.

XXVIII – Programas de educação ambiental e divulgação: de acordo com os dados obtidos na EMSURB e SEMA, esse indicador apresentou como resposta EXISTE (ambas possuem Programas de Educação Ambiental), que segundo o critério utilizado, representa nota 5 (existe).

XXIX – Inclusão de catadores avulsos (%): de acordo com os dados obtidos na EMSURB e CARE, esse indicador apresentou como resposta NÃO EXISTE, que segundo o critério utilizado, representa nota 0 (não existe).

XXX – Participação de catadores nas ações de coleta seletiva: de acordo com os dados obtidos na SEMA, esse indicador apresentou como resposta EXISTE (a SEMA faz eventos com a participação de catadores avulsos), que segundo o critério utilizado, representa nota 5 (existe).

Quadro 7 - Valoração dos indicadores de sustentabilidade - Notas atribuídas.

DIMEN- SÃO	CONTA- DOR	INDICADOR	CRITÉRIO	NOTA POSSÍ- VEL	NOTA ATRI- BUÍDA AO MUNICÍPIO
Ambiental	I	% de recuperação de materiais inorgâ- nicos	> 10 %	5	0
			5,0 – 10 %	3	
			< 5,0 %	0	
	II		> 10 %	5	0

Econômica		% de recuperação de materiais orgânicos	5,0 – 10,0 %	3	
			< 5,0 %	0	
	III	Geração per capita de RSU (kg/hab.dia)	< 0,75	5	0
			0,75 – 1,0	3	
			> 1,0	0	
	IV	Existência de aterro sanitário licenciado	Existe	5	5
			Em fase de Licenciamento	3	
			Não existe	0	
	V	Pontos de descarte irregulares/extensão da via em km	Nenhum	5	0
			0,1 – 0,4	3	
			> 0,4	0	
	VI	Nº de pontos de descarte irregulares recuperados	Existe	5	5
			Parcial ou em andamento	3	
			Não existe	0	
	VII	Massa per capita coletada seletivamente (kg/hab.ano)	> 4,0	5	0
			2,0 – 4,0	3	
			< 2,0	0	
	VIII	Taxa de material recolhido nos PEVs em relação à massa coletada seletivamente (%)	> 25%	5	0
			25 - 5%	3	
			< 5%	0	
	IX	Taxa de recuperação de materiais recicláveis em relação à quantidade total coletada (RDO+RPU) (%)	> 25%	5	0
			25 - 5%	3	
			< 5%	0	
	X	Taxa de material recolhido nos ecopontos em relação à massa coletada seletivamente (%)	> 25%	5	3
25 - 5%			3		
< 5%			0		
	Sub-total (Dimensão Ambiental)				13
	XI	Custo total do programa em relação à quantidade coletada seletivamente (R\$/T)	< R\$ 200,00	5	3
			R\$ 200,00 - 500,00	3	
			> R\$ 500,00	0	
	XII	Custo da coleta regular e disposição final adequada em relação à coleta seletiva (%)	< 50%	5	0
			50 - 100%	3	
			> 100%	0	

	XIII	Custo da limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos em relação à coleta seletiva (%)	< 50%	5	0
			50 - 100%	3	
			> 100%	0	
	Sub-total (Dimensão Econômica)				3
Institucional/Operacional	XIV	Abrangência de coleta seletiva	50 – 100%	5	3
			1 – 49 %	3	
			Não existe	0	
	XV	Existência de PEVs	Em toda área urbana	5	3
			Em alguns pontos e bairros	3	
			Não existe	0	
	XVI	Existência de ecopontos	Existe	5	5
			Em fase de Licenciamento	3	
			Não existe	0	
	XVII	Existência de plano municipal de gerenciamento de resíduos sólidos	Existe	5	5
			Em fase de Licenciamento	3	
			Não existe	0	
	XVIII	Capacitação de agentes municipais que atuam na limpeza e coleta seletiva	Anuais	5	3
			Esporádicos	3	
			Não existe	0	
	XIX	Gestão compartilhada	Existe	5	5
			Em fase de Negociação	3	
			Não existe	0	
	XX	Marco legal	Existe	5	0
			Em fase de Elaboração	3	
			Não existe	0	
	XXI	Instrumentos legais na relação com as organizações de catadores	Existe	5	5
			Em fase de Elaboração	3	
			Não existe	0	
	XXII	Percentual de pessoas atendidas pela coleta seletiva	50 – 100%	5	3
			1 – 49 %	3	
			Não atendidas	0	
	XXIII	Parcerias entre organizações	Existe	5	5
			Em fase de Negociação	3	

			Não existe	0	
	Sub-total (Dimensão Institucional/Operacional)				37
Sociocultural	XXIV	Existência de cooperativa de reciclagem	Existe	5	5
			Em fase de Licenciamento	3	
			Não existe	0	
	XXV	Número de eventos municipais associados a temática da coleta seletiva (ex: limpeza da praia ou em escolas)	Anuais	5	5
			Esporádicos	3	
			Não existe	0	
	XXVI	Organização dos catadores da coleta seletiva	Todos de Cooperativas	5	3
			Parcialmente de Cooperativas	3	
			Não cooperados	0	
	XXVII	Renda mensal per capita dos catadores	> 1 salário mínimo	5	5
			1 salário mínimo	3	
			< 1 salário mínimo	0	
	XXVIII	Programas de educação ambiental e divulgação	Existe	5	5
			Em fase de Elaboração	3	
			Não existe	0	
	XXIX	Inclusão de catadores avulsos (%)	Existe	5	0
			Em fase de Negociação	3	
			Não existe	0	
	XXX	Participação de catadores nas ações de coleta seletiva	Existe	5	5
			Em fase de Negociação	3	
			Não existe	0	
	Sub-total (Dimensão Sociocultural)				28
	Sub-total geral				81
	Total Possível				150

Fonte – próprio autor.

Utilizando a Equação 1 tem-se o valor do nível de sustentabilidade, que foi determinado como:

$$NS = \frac{81}{150} \times \frac{1}{10} = 0,054 \times 100 = 5,4$$

Em função desse valor e empregando o Quadro 3, verifica-se que a conclusão foi que o município de Aracaju, frente à metodologia usada, foi classificado como de **média sustentabilidade** ($5,0 \leq NS \leq 8,0$).

Desse resultado e das notas dos IS pode-se extrair algumas considerações:

Apesar do município apresentar uma média sustentabilidade, acredita-se que há várias possibilidades para elevar o grau de sustentabilidade, pois com a matriz de indicadores usada é possível identificar onde devem ser envidados esforços para a melhoria do desempenho municipal.

Na Dimensão Ambiental, que isoladamente poderia ser avaliada com um $NS = 2,6$ (Baixa Sustentabilidade), foram identificados vários IS que precisam de ações para elevar as suas notas, como: atuar na diminuição dos pontos de descarte irregulares, aumento da massa per capita coletada seletivamente, aumento da taxa de material recolhido nos PEVs em relação à massa coletada seletivamente, aumento da taxa de recuperação de materiais recicláveis em relação à quantidade total coletada e aumento da taxa de material recolhido nos ecopontos em relação à massa coletada seletivamente.

Na Dimensão Econômica, que isoladamente poderia ser avaliada com um $NS = 3,0$ (Baixa Sustentabilidade), sendo o de pior desempenho exigindo maior atenção dos gestores públicos. Fica evidente a necessidade de aumentar o investimento em coleta seletiva frente aos recursos investidos em coleta regular, Disposição Final Adequada - DFA e Manejo de Resíduos Sólidos - MRS. O aumento no investimento em coleta seletiva possibilitará a redução dos valores aplicados em coleta regular, DFA e MRS.

Na Dimensão Institucional/Operacional, que isoladamente poderia ser avaliada com um $NS = 7,4$ (Média Sustentabilidade), que apesar de ser classificada como de média sustentabilidade, se aproxima do limite da sustentabilidade, algumas ações nos IS proporcionariam uma melhora significativa nas suas notas, como: ampliação da abrangência da coleta seletiva, aumento do número de PEVs disponíveis, um número maior de capacitações dos agentes municipais que atuam na limpeza e coleta seletiva e elaboração de leis que tratem do tema coleta seletiva.

Na Dimensão Sociocultural, que isoladamente poderia ser avaliada com um $NS = 8,0$ (Média Sustentabilidade), é aquela que apresentou o melhor desempenho, no entanto, também possui algumas ações nos IS que após realização de medidas específicas proporcionariam uma melhora significativa nas suas notas, como: promover a criação de novas cooperativas de

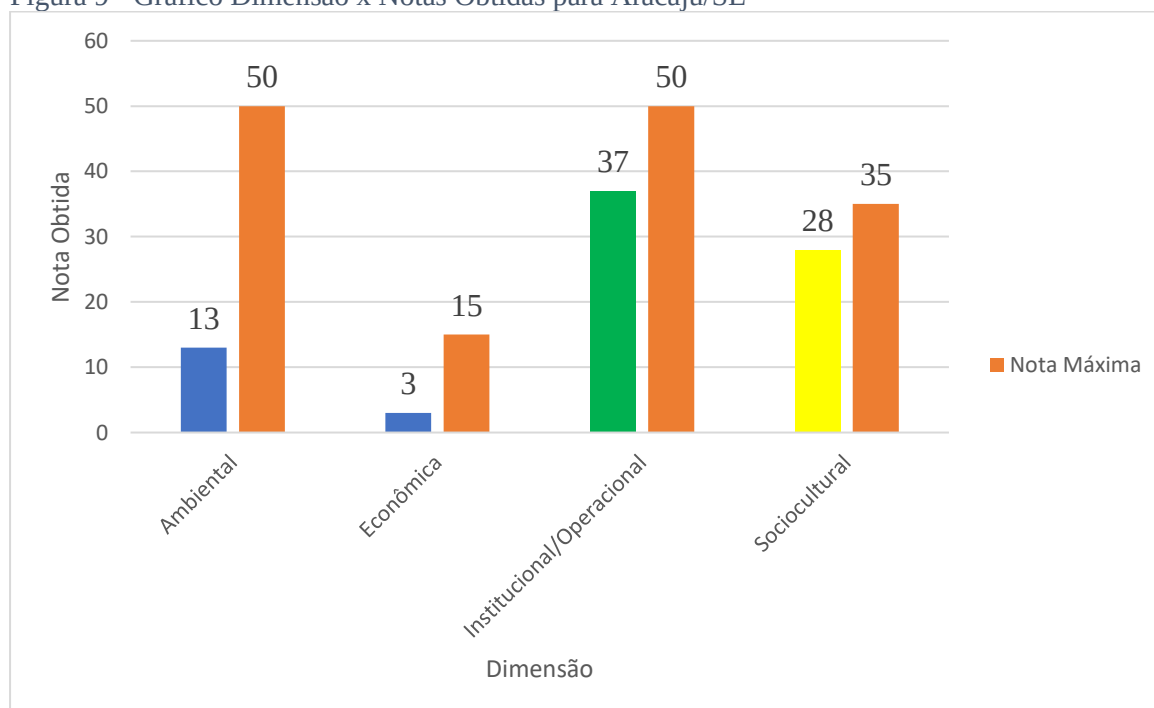
reciclagem com a inclusão dos catadores avulsos e inserção destes catadores nas ações desenvolvidas pela gestão municipal.

A *Figura 9*, apresenta o gráfico Dimensão *versus* Notas Obtidas para o NS de Aracaju/SE, com destaque para as notas máximas que cada dimensão pode alcançar.

Da *Figura 9* pode-se extrair que houve uma variação significativa das notas atribuídas a cada dimensão, que refletiu em classificação da sustentabilidade, desde insustentável (pior cenário) até sustentável (melhor cenário), e que todas as dimensões de IS podem avançar nas suas notas após aplicação de medidas específicas. A dimensão ambiental possui grande margem de melhora, em valores absolutos, obteve nota 13, enquanto a nota máxima que poderia ser obtida é 50.

A dimensão econômica obteve as piores notas, atingindo um somatório de 3, quando a sua nota máxima que poderia chegar era de 15. Nesse caso, é imperativo o aumento do investimento em coleta seletiva, por parte do município de Aracaju/SE, para melhorar a sustentabilidade da coleta seletiva.

Figura 9 - Gráfico Dimensão x Notas Obtidas para Aracaju/SE



Fonte - Próprio autor

Outro ponto importante a se destacar é a necessidade do aumento do trabalho de educação ambiental em toda a cidade, especificamente com a coleta seletiva, proporcionando capacitação constante aos funcionários/servidores e parceiros que estão incluídos neste universo.

Para o desenvolvimento da coleta seletiva, a parceria com as cooperativas é uma excelente iniciativa da prefeitura, devendo ser ampliada paulatinamente. Atualmente, as cooperativas não possuem capacidade técnica, econômica, nem logística para atender a toda a cidade. O atendimento deve ser gradual, estabelecendo metas anuais, avaliando e passando para o próximo patamar, até atingir toda a capital, sempre com o gerenciamento do município.

A implantação dos ecopontos apresentou uma opção para a população, ofertando um ponto físico para descarte correto dos resíduos. O desafio é implantá-los onde realmente são necessários. Acreditamos que novos modelos e tipos de ecoponto devem ser criados, de acordo com a oferta de área disponível e de atendimento às determinadas características das populações.

Quanto aos PEVs, precisam urgentemente ser revistos e ajustados à realidade da cidade. Atualmente possuem uma identidade confusa, pois apresentam cores e formas distintas, o que não ajuda a população a identificá-los e a internalizar a mensagem que devem passar, além de estarem em número abaixo da necessidade da população e serem objeto de todo tipo de vandalização. Acreditamos que podem funcionar em casos específicos, com determinadas faixas da população e não como oferta de universalização do sistema.

E por fim, uma ferramenta que está presente e disponível, devendo-se buscar a melhoria constante é a tecnologia, atualmente dispomos de um número sem igual de equipamentos, ferramentas e dispositivos que podem apoiar e ajudar no alcance da universalização, bastando tomar cuidado para não cometer equívocos na escolha dessas ferramentas, que muitas vezes são inadequadas para a realidade da cidade.

6 CONCLUSÃO

Em função dos resultados obtidos e dos objetivos propostos pode-se concluir que, a metodologia de aplicação dos indicadores utilizados neste estudo, foi exequível e útil para avaliar o grau de sustentabilidade do município de Aracaju. A seleção de 30 indicadores relacionados à coleta seletiva, permitiu construir uma matriz baseada nas dimensões ambiental, econômica, institucional/operacional e sociocultural, que auxiliou na identificação de pontos fortes e fracos para a gestão pública municipal e dar atenção para os pontos de melhoria.

Com essa ferramenta de avaliação apresentada neste estudo, os gestores públicos terão condições de planejar, monitorar e avaliar o andamento de programas específicos de coleta seletiva, e ademais, a sociedade poderá verificar a prestação de serviços e seu impacto.

Após a aplicação da matriz de IS, o município de Aracaju apresentou como resultado final uma média sustentabilidade, onde de forma isolada obteve-se: para a Dimensão Ambiental, uma baixa sustentabilidade; para a Dimensão Econômica, insustentável; para a Dimensão Institucional/Operacional, uma média sustentabilidade e para a Dimensão Sociocultural, uma média sustentabilidade.

Sugestões de melhorias podem ser facilmente propostas, como:

- I) Dimensão Ambiental: diminuição dos pontos de descarte irregulares e aumento da taxa de material recolhido nos ecopontos em relação à massa coletada seletivamente;
- II) Dimensão Econômica: elevação do grau de investimento em todos os IS;
- III) Dimensão Institucional/Operacional: ampliação da abrangência da coleta seletiva e capacitações dos agentes municipais da limpeza pública e coleta seletiva;
- IV) Dimensão Sociocultural, os IS a serem trabalhados são: estimular a criação de novas cooperativas de reciclagem com a inclusão dos catadores avulsos, promovendo capacitação constante e inserção dos catadores nas ações desenvolvidas pela gestão municipal.

O desenvolvimento da coleta seletiva, no município de Aracaju é condição *sine qua non* para a evolução da gestão dos resíduos sólidos. A cidade precisa dar o próximo passo na

gestão dos resíduos, uma vez que o atual cenário, desenvolvido pela gestão pública é tímido, acanhado, e que precisa ampliar ações para atender as legislações vigentes, e objetivar a universalização da coleta seletiva para toda a população.

Em particular, a gravimetria executada nos setores representativos do município, evidenciou o alto percentual de matéria orgânica em todos os setores estudados, sugerindo o potencial para toda a cidade desenvolver programas de compostagem.

Sugere-se a ampliação do estudo gravimétrico, englobando outros setores de coleta, a fim de obter mais dados para subsidiar o planejamento da gestão dos RSU.

Por fim, recomenda-se a aplicação da matriz de indicadores num intervalo de dois anos com o intuito de verificar a situação do município na sustentabilidade da gestão da coleta seletiva.

REFERÊNCIAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2020 e 2021.

ABREMA – Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**, 2023.

AK, Hacer; BRAIDA, Washington. Sustainable municipal solid waste management decision making: Development and implementation of a single score sustainability index. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 26, n. 6, p. 909-928, 2015.

BARBOSA, Rildo Pereira; IBRAHIN, Francini Imene Dias. Resíduos sólidos: impactos, manejo e gestão ambiental. **São Paulo: Érica**, p. 1-176, 2014.

BRASIL. Lei Nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2007.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF: Diário oficial da União, 2010.

BRASIL. Decreto Federal Nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei Nº 12.305/2010. Brasília, DF: Diário oficial da União, 2022.

CARESTIATO, Andréa; SERRÃO, Mônica; ALMEIDA, Aline. Sustentabilidade: uma questão de todos nós. **São Paulo: Senac**, p. 1-206, 2020.

CETRULO, Natália Molina; CETRULO, Tiago Balieiro; DIAS, Sylmara Lopes Francelino Gonçalves; RAMOS, Tomás Barros. Indicadores de resíduos sólidos em sistemas de avaliação de sustentabilidade local: uma revisão da literatura. **Revista Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 23, 2020.

CERETTA, Gilberto Francisco; SILVA, Fernanda Kumm; ROCHA, Adilson Carlos. Gestão Ambiental e a problemática dos resíduos sólidos domésticos na área rural do município de São João – PR. **Revista ADMpg Gestão Estratégica**, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p.17-25, 2013.

Companhia de Saneamento de Sergipe – DESO. Disponível em: < DESO | Indicadores (deso-se.com.br) >. Acesso em: 24/10/2022.

DAS, Tapas K. **Toward zero discharge: innovative methodology and Technologies for process pollution prevention**. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2005.

DAVIES, Mackenzie L.; MASTEN, Susan J. **Princípios de Engenharia Ambiental**; tradução: Félix Nonnenmacher; revisão técnica: Eduardo Henrique Borges Cohin Silva et al. – 3. Ed. – Porto Alegre: AMGH, 2016.

FACCIOLI, Gregório Guirado (org.). Plano Integrado de Saneamento Básico. Aracaju, 2016.

FECHINE, Roberta; MORAES, Luiz Roberto Santos. Indicadores de sustentabilidade como instrumentos para avaliação de programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos e sua aplicação na cidade de Salvador-BA. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 2, n. 1, p. 87-104, 2014.

FEHR, M.; SOUSA, K.A.; PEREIRA, A.F.N.; PELIZER, L.C. Proposal of indicators to assess urban sustainability in Brazil. **Environment, Development and Sustainability** 6: 355–366, 2004.

GOMES, Cristina Maria Bastos da Cunha. **Estudo do comportamento de aterros de resíduos**: caracterização física, bioquímica e mecânica dos resíduos sólidos urbanos. 2008. 536p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade de Porto, Porto, PT, 2008.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/aracaju>. Acesso em: 24/10/2022.

KHOO, H. H.; EE, A. W. L.; WANG, Y.; ADHITYA, A.; LOW, Y. S.; LIM, E. X. Y.; LEE, C. K.; TAN, R. B. H. Developing and identifying sustainability indicators in the Singapore context. **WIT Transactions on Ecology and The Environment**, Vol 192, 2015.

LAPA, Dayse Araujo; AMORIM, Simone Silveira. O encontro das linhas: cidade de Aracaju e grupos escolares (1914-1925). **Revista História da Educação**, online (Porto Alegre), v. 24: e93420, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-3459/93420>. Disponível em: scielo.br/j/heduc/a/7bwJQtVfCd63SGqMSMQwq3s/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 23 mar. 2024.

MAYNARD, Armando. **Isto é SERGIPE**. Disponível em < Isto é SERGIPE: História de Sergipe (istoiesergipe.blogspot.com)> Acesso em: 01 nov. 2022.

MARCHI, Cristina Maria Dacach Fernandez (org). **Gestão dos resíduos sólidos: conceitos e perspectivas de atuação**, Curitiba: Appris, 2018.

MENEZES, Rosana Oliveira; CASTRO, Samuel Rodrigues; SILVA, Jonathas Batista Gonçalves; TEIXEIRA, Gisele Pereira; SILVA, Marco Aurélio Miguel. Análise estatística da caracterização gravimétrica de resíduos sólidos domiciliares: estudo de caso do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária Ambiental**, 24 (02), 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019177437>. Acesso em: 27 mar. 2024.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. PLANARES, Plano Nacional de Resíduos Sólidos, 2022. Disponível em: SINIR+ | Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos. Acesso em:

NAÇÕES UNIDAS, Relatório de Desenvolvimento Sustentável Global, 2019. Disponível em: <https://www.un.org/en/desa/global-sustainable-development-report-2019>. Acesso em: 08 jun. 2023.

NETO, Paulo Nascimento; MOREIRA, Tomás Antonio. Política Nacional de Resíduos Sólidos – reflexões a cerca do novo marco regulatório nacional. Curitiba, Paraná. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 15, mar 2010.

PEREIRA, Gleison Parente. **Lei de saneamento básico de Aracaju/SE**: participação e do controle social. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2020.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARACAJU. Mapografia Social do Município de Aracaju, 2019. Disponível em: OSERVATORIO-Mapografia-Social-de-Aracaju-para-o-Observatorio-Social-final.pdf . Acesso em: 19 abr. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ARACAJU. PMSB, Plano Municipal de Saneamento Básico, 2017. Disponível em: Legislação Municipal (aracaju.se.gov.br). Acesso em: 24 out. 2022.

POLAZ, Carla Natacha Marcolino; TEIXEIRA, Bernardo Arantes do Nascimento. **Indicadores de sustentabilidade para gestão municipal de resíduos sólidos urbanos**, São Carlos, 2009.

QUEIROZ JÚNIOR, Antônio Batista de.; BEZERRA, Joel Medeiros; COSTA, Talita Tassia da.; RÊGO, Alana Ticiane Alves do.; ROQUE, Francisco Soares; COSTA, Helves Cleverton Guerra; NOBRE, Samilly Brito. Caracterização gravimétrica de resíduos sólidos urbanos da cidade de Ereré/CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, online (Pernambuco), v.14, n.01, 172-188, 2021. Disponível em: Revista Brasileira de Geografia Física (ufpe.br). Acesso em: 27 mar. 2024.

SANTIAGO, Leila Santos; DIAS, Sandra Maria Furiam. **Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos**, Feira de Santana, 2012.

SILVA, Jóingrid da. Uso de indicadores de sustentabilidade para analisar o desempenho do programa de coleta seletiva e da gestão das organizações de catadores do município de João Pessoa – PB. 2021. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UEPB_050c01ed9e79d2229cd67164794aa6be. Acesso em: 11 mar. 2022.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnósticos, 2021. Disponível em: Diagnósticos 2021 — Ministério das Cidades (www.gov.br). Acesso em: 23 mar. 2024.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnósticos, 2022. Disponível em: Diagnósticos SNIS — Ministério das Cidades (www.gov.br). Acesso em: 23 mar. 2024.

VAN BELLEN, Hans Michael. Indicadores de sustentabilidade: um levantamento dos principais sistemas de avaliação. **CadernoseBAPE. BR**, v. 2, p. 01-14, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cebape/a/k77Q3nc4KhT3cfFJS9jRKwh/>. Acesso em: 11 de mar. 2022.